מבחני בגרות
בפיסיקה
4 ו-5 יחידות

עם פתרונות
מלאים

מכניקה	חשמל ומגנטיות
אופטיקה וגלים	פיסיקה מודרנית
זרם חילופין	מכניקה של גוף קשיח
נוזלים וגזים	מעבדת חקר (Unseen)

מאת

ד"ר יורם אשל

הוצאת "אשל", תל אביב

©

כל הזכויות על השאלונים היא של מדינת ישראל באמצעות משרד החינוך.

אין לפרסם או להעתיק שאלונים אלה ללא אישור משרד החנוך.

כל הזכויות על הפיתרונות הן של המחבר.

הפיתרונות הם על אחריותו הבלעדית של המחבר.

מהדורה שביעית, אוגוסט 1999

(C)
כל הזכויות שמורות למחבר

הוצאת "אשל"

נדפס בישראל תשנ"ט
Printed in israel 1999

נדפס בדפוס אופסט "ראמים", תל אביב

הקדמה

הלימוד לבחינת הבגרות אינו שלם ללא התמודדות עם השאלות שהופיעו בבחינות בשנים שעברו.

פתרון בחינת בגרות אינו דומה לפתרון תרגיל בספר לימוד משתי סיבות עקריות.
הסיבה הראשונה היא שבבחינת הבגרות לא נאמר באיזה נושא השאלה. עצם זיהוי הכלים שבהם צריך לפתור את השאלה מהווה לפעמים חלק חשוב בפיתרון.
הסיבה השניה היא שהשאלות בבחינת הבגרות משלבות בתוכן, לפעמים, כמה נושאים קרובים באותה השאלה, וגם לכך צריך להתרגל.

בסוף הספר מופיע דף הנוסחאות של בחינת הבגרות. מומלץ לעבוד איתו ככל האפשר יותר, ולא עם דפי נוסחאות אישיים. זאת מכיוון שלא כל הנוסחאות מופיעות בו, ולפעמים אלה המופיעות בו נמצאות בצורה לא מוכרת.

מספר פרקי בחירה לא פתורים בספר: תרמודינמיקה, יחסות פרטית, פיסיקה בשרות האיבחון הרפואי ואסטרופיסיקה. הסיבה היא שרק מיעוט קטן מאד בוחר בפרקים אלו כפרקי בחירה.

בשנים האחרונות חל שינוי בתוכן בחינות הבגרות. הבחינות דורשות הבנה גדולה יותר ופחות תירגול חישובי. כדי לחוש את הרוח העכשווית של הבחינות רצוי להסתכל במיוחד על הבחינות משנת 1991.

אודה לכל מי שיאיר לי על דרכי פיתרון שונות ועל טעויות שנוצרו.

יורם אשל

תוכן עניינים

מבחן 1982

שאלון 1
תשובות סופיות 12
תשובות מלאות 14

מבחן 1983

שאלון 32
תשובות סופיות 47
תשובות מלאות 49

מבחן 1984

שאלון 66
תשובות סופיות 78
תשובות מלאות 80

מבחן 1985

שאלון 99
תשובות סופיות 110
תשובות מלאות 112

מבחן 1986

שאלון 130
תשובות סופיות 141
תשובות מלאות 143

מבחן 1987

שאלון 165
תשובות סופיות 181
תשובות מלאות 183

מבחן 1988

שאלון 204
תשובות סופיות 218
תשובות מלאות 220

מבחן 1989

שאלון 245
תשובות סופיות 263
תשובות מלאות 265

מבחן 1990

שאלון 294
תשובות סופיות 313
תשובות מלאות 315

מבחן 1991

שאלון 337
תשובות סופיות 360
תשובות מלאות 362

מבחן 1992
שאלון 384
תשובות סופיות 405
תשובות מלאות 407
מבחן 1993
שאלון 426
תשובות סופיות 449
תשובות מלאות 451
מבחן 1994
שאלון 473
תשובות סופיות 497
תשובות מלאות 499
מבחן 1995
שאלון 516
תשובות סופיות 544
תשובות מלאות 546
מבחן 1996
שאלון 565
תשובות סופיות 590
תשובות מלאות 591
מבחן 1997
שאלון 607
תשובות סופיות 629
תשובות מלאות 631
מבחן 1998
שאלון 648
תשובות סופיות 676
תשובות מלאות 677
מבחן 1999
שאלון 690
תשובות סופיות 722
תשובות מלאות 723
דף נוסחאות 736
מיון שאלות על פי נושאים 747

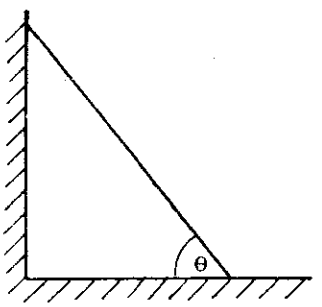
בחינת בגרות ל-14- 5 יחידות 1982

חלק א'

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים: שאלה אחת מכל פרק.

פרק ראשון - מכניקה של גוף קשיח

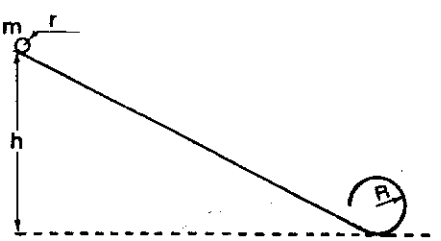
1. סולם אחיד באורך ℓ ובמשקל w ניצב על רצפה אופקית ונשען בקצהו השני על קיר אנכי. מקדם החיכוך בין הסולם והרצפה הוא μ_1 ובין הסולם והקיר הוא μ_2. הסולם יוצר זווית θ עם הרצפה (ראה ציור).



א. חשב את הזווית הקטנה ביותר θ, עבורה יישאר הסולם במצב של שיווי-משקל. (8 נקודות)

ב. האם ניתן להעמיד את הסולם הנייל בשיווי-משקל, כשהוא נשען על הקיר, אם הרצפה חלקה ($\mu_1 = 0$)? נמק (2 נקודות)

2. גליל מלא ואחיד, שמסתו m ורדיוסו r, מתגלגל ללא החלקה לאורך מישור משופע, המסתיים במסילה מעגלית זקופה שרדיוסה R. הגליל מתחיל להתגלגל ממצב של מנוחה, כשהוא נמצא בגובה h מעל הנקודה התחתונה של המסילה המעגלית (ראה ציור).

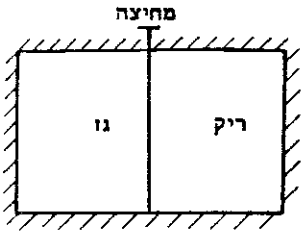


א. מה צריך להיות הערך המינימלי של h כדי שהגליל המתגלגל לא ינתק מהמסילה המעגלית? (7 נקודות)

ב. משחררים גליל חלול, בעל אותה מסה m ואותו רדיוס r, מהגובה h שחישבת בחלק א'. גם גליל זה מתגלגל לאורך הדרך ללא החלקה. האם הוא ינתק מהמסילה המעגלית? נמק

פרק שני - אנרגית החום (תרמודינמיקה)

3. מול של גז אידיאלי כלוא, באמצעות מחיצה ניידת, בחציו האחד של כלי קשיח, המבודד תרמית מן הסביבה. בחציו השני של הכלי שורר ריק (ראה ציור).
נפח הכלי V_o , לחץ הגז P_o, הטמפרטורה שלו T_o והאנטרופיה שלו S_o.
מסירים את המחיצה, והגז מתפשט וממלא את הכלי כולו.



א. באיזה מן הגדלים הבאים חל שינוי, ובאיזה מהם לא?
טמפרטורה; לחץ; אנרגיה פנימית; אנטרופיה. הסברו (6 נקודות)

ב. באותם מקרים בהם חל שינוי, חשב את ערכו של הגודל לאחר הסרת המחיצה. (4 נקודות)

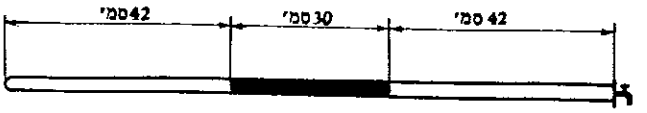
4. 100 מול של מימן, שנפחו $4m^3$ והנמצא בטמפרטורה של 300^oK, נדחסים לנפח של $2m^3$. עם סיום הדחיסה, טמפרטורת הגז היא שוב 300^oK.

א. מהי העבודה הנעשית על הגז, אם הדחיסה מבוצעת באמצעות:
1. תהליך איזוברי, ולאחריו תהליך איזומטרי (איזוחורי)? (2 נקודות)
2. תהליך איזותרמי? (2 נקודות)
3. תהליך איזומטרי, ולאחריו תהליך איזוברי? (2 נקודות)

ב. חשב את כמות החום שהוחלפה בכל אחד מן המקרים (הנזכרים בחלק א') בין הגז לסביבתו, וציין אם הגז פולט או קולט חום. (4 נקודות)

פרק שלישי - תורת הנוזלים והגזים

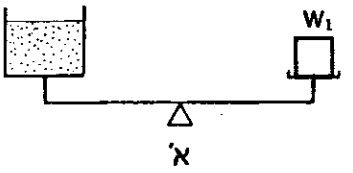
5. צינור זכוכית, שקוטרו 0.5 סיימ ואורכו 114 סיימ, אטום בקצהו האחד, ובקצהו השני ברז. בתוך הצינור נמצא עמוד כספית שאורכו 30 סיימ. בין הכספית והקצה האטום כלוא אוויר.
נתון כי לחץ האוויר החיצוני 75 סיימ כספית.
כאשר הברז פתוח ומחזיקים את הצינור במצב אופקי, אורך עמוד האוויר הכלוא הוא 42 סיימ (ראה ציור)



א. מחזיקים את הצינור במאונך. חשב את אורכו של עמוד האוויר כאשר:
1. הברז הפתוח פונה למעלה. (3 נקודות)
2. הברז הפתוח פונה למטה. (3 נקודות)

ב. מחזירים את הצינור למצב אופקי. סוגרים את הברז, ומעבירים את הצינור למצב אנכי. מהו עתה אורך עמוד האוויר, הכלוא מתחת לכספית? (4 נקודות)

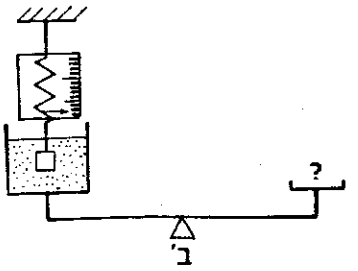
6. מאזני כפות מאוזנים, כאשר על הכף האחת נמצאת משקולת שמשקלה W_1 ועל הכף השנייה - כלי ובו נוזל שצפיפותו ρ_1 (ראה ציור 5 א)



ציור 5 א'

באמצעות דינמומטר שוקלים גוש מתכת שצפיפותו ρ_2 ($\rho_2 > \rho_1$). מחוג הדינמומטר מורה על הערך W_2.

מכניסים עתה את גוש המתכת התלוי בקצה הדינמומטר לתוך הנוזל, כך שכולו טבול בנוזל, אך אינו נוגע בקרקעית (ראה ציור 5 ב)



ציור 5 ב'

א. על איזה ערך יורה עתה מחוג הדינמומטר? (5 נקודות)

ב. איזו משקולת תאזן עתה את מאזני הכפות? (5 נקודות)

פרק רביעי – תורת היחסות הפרטית

7. שני חלקיקים זהים, שמסת המנוחה של כל אחד מהם היא $2\frac{Mev}{c^2}$, מתנגשים (בתוך צינור של מאיץ בו שורר ריק) התנגשות מצח פלסטית. לפני ההתנגשות הם נעים זה לקראת זה, והתנע של כל אחד הוא $1.5\frac{Mev}{c}$. לאחר ההתנגשות נוצר חלקיק חדש.

א. מצא את מסתו של חלקיק זה. (7 נקודות)

ב. האם מתקיים בתהליך זה חוק שימור המסה? הסבר! (3 נקודות)

8. על טיל דמיוני, שמהירותו ביחס לשמש היא 0.8c, מותקן מאיץ אלקטרונים, שבו המתח המאיץ הוא 3.4×10^5 וולט. האלקטרונים נפלטים במאיץ בכיוון תנועת הטיל. מהי מהירותם של האלקטרונים ביחס לשמש? (10 נקודות)

פרק חמישי - זרם חילופין

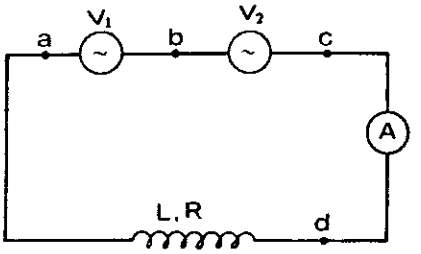
9. במעגל R, L, C טורי $L = 10^{-3}H$, $C = 10\mu F$, $R = 5\Omega$.
מקור המתח במעגל הוא מחולל אותות סינוסואידליים, שהכאיים האפקטיבי שלו (r.m.s) הוא 100 וולט ותדירותו 2500Hz.

א. מהי העכבה Z של המעגל?
מהי עוצמת הזרם האפקטיבי במעגל?
מהו הפרש המופע ϕ, בין מתח המקור ובין הזרם במעגל? (3 נקודות)

ב. באיזו תדירות זוויתית ω_0 עוצמת הזרם במעגל מירבית?
מהו הערך האפקטיבי של עוצמת הזרם בתדירות זו? (3 נקודות)

ג. בתדירות שחישבת בסעיף ב', חשב את המתח על הקבל, על הסליל ועל הנגד.
האם סכומם שווה למתח המקור? מדוע? (4 נקודות)

10. שני גנרטורים לזרם חילופין, V_1 ו V_2, בעלי אותה תדירות, מחוברים בטור כמתואר בציור 6.
ההספק המסופק לסליל הוא 150W. וולטמטר לזרם חילופין מורה על מתח של 40V, כשהוא מחובר בין a ל- b; מתח של 30V כשהוא מחובר בין b ל- c ומתח של 50V כשהוא מחובר בין a ל- c.
אמפרמטר לזרם חילופין, המחובר בין c ל- d, מורה על זרם של 5A.



ציור 6

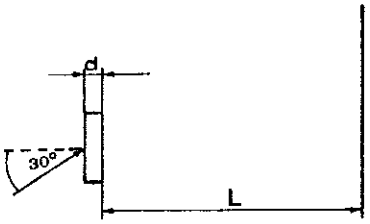
א. מהו הפרש המופע בין המתחים של V_1 ו- V_2? (4 נקודות)

ב. חשב את ההתנגדות האומית (R), ההיגב ההשראתי (X_L) והעכבה הכוללת (אימפדנס -Z) של הסליל. (6 נקודות)

פרק שישי - תורת האור והגלים

11. א. תאר ניסוי למדידת מקדם השבירה של חומר שקוף כלשהו. (3 נקודות)

ב. קרן אור עוברת באוויר ופוגעת בלוח עבה שפיאותיו מקבילות, העשוי זכוכית. עוביו של לוח הזכוכית d = 10cm. זווית הפגיעה של הקרן $\alpha = 30^\circ$ (ראה ציור 7)
הקרן מכילה אור בשני אורכי גל שונים.
מקדמי השבירה של הזכוכית, ביחס לאוויר, לשני אורכי גל אלו, הם:
$n_1 = 1.54$
$n_2 = 1.42$



ציור 7

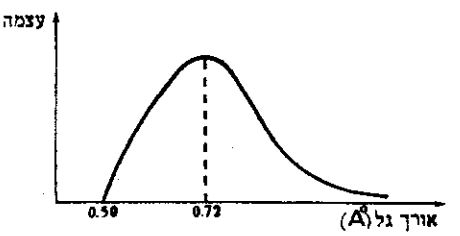
1. מהי הזרנית בין שתי הקרניים הנשברות (בתוך הזכוכית)? (2 נקודות)
2. מהי הזווית בין הקרניים היוצאות מן הפאה הנגדית? (2 נקודות)
3. מהו המרחק בין מרכזי נקודות הפגיעה של הקרניים על מסך המרוחק מן הזכוכית מרחק L = 2m ? ראה הציור. (3 נקודות)

12. א. תאר ניסוי למציאת הקבוע של סריג. (5 נקודות)
ב. דרך מסנן (פילטר) מיוחד עובר רק חלק מספקטרום האור הלבן, בגבולות שבין 5000Å ל 6200Å. אור מסונן זה מועבר דרך סריג.
מצא באילו שני סדרים סמוכים של תבנית העקיפה תיווצר לראשונה חפיפה (כלומר, אורכי גל שווים לא יופרדו). (5 נקודות)

פרק שביעי - פיסיקה מודרנית

13. אנרגיית הקשר של האלקטרונים במתכת מסוימת היא 3.0×10^{-19} ג'ול.
א. מהו אורך הגל המקסימלי של אור שיצליח לעקור אלקטרונים ממתכת זו? (3 נקודות)
ב. מהי האנרגיה המקסימלית של אלקטרונים הנעקרים ממתכת זו, על ידי אור שאורך הגל שלו 4.4×10^{-7} מ'? (3 נקודות)
ג. איזה מתח מעכב דרוש כדי לעצור את האלקטרונים שנפלטו כמתואר בסעיף ב'? (2 נקודות)
ד. האם השתנינה תשובותיך לסעיפים ב' ו- ג', אם עוצמת האור שיוקרן על המתכת תוכפל (ללא שינוי באורך הגל)? הסבר! (2 נקודות)

14. א. חשב את אורך הגל של אלקטרונים הנעים במהירות של $10^7\frac{מ'}{שנ'}$. (3 נקודות)
ב. כיצד ניתן להבחין בין אלומת אלקטרונים בעלי מהירויות כאלה לאלומת פוטונים, אם אורך הגל שלהם שווה? (4 נקודות)
ג. בסרטוט מתואר ספקטרום של קרינת X, הנפלטת משפופרת רנטגן.
חשב את האנרגיה המקסימלית של פוטון בקרינה זו. (3 נקודות).



ציור 8

חלק ב' – מכניקה

עליך לענות על שתים משלוש השאלות 17–15 (לכל שאלה 15 נקודות)

15. נער שמסתו M ניצב על משטח קרח אופקי חסר חיכוך.
הוא מחזיק בידו כדור גומי שמסתו m, $(M > m)$.
הנער זורק את הכדור במהירות אופקית v אל קיר אנכי הנמצא במרחק x ממנו.
הכדור מתנגש בקיר התנגשות אלסטית וחוזר אל הנער.

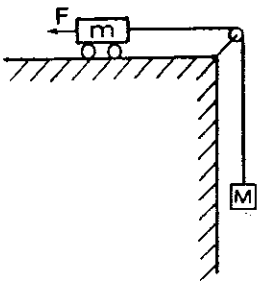
א. מה מהירותו של הנער לאחר שזרק את הכדור? (4 נקודות)

ב. מה מהירותו של הנער לאחר שתפס את הכדור החוזר מן הקיר? (4 נקודות)

ג. איזה מרחק עבר הנער מרגע שזרק את הכדור ועד לרגע שהכדור חזר אליו (בטא תשובתך באמצעות M, m ו x)? (4 נקודות)

ד. לפני זריקת הכדור היו הנער והכדור במנוחה, ולאחר שהכדור חזר אליו היו שניהם בתנועה. האם בעובדה זו אין סתירה לחוק שימור התנע? הסבר! (3 נקודות)

16. על שולחן חלק ניצבת קרונית שמסתה $m = 6\ kg$. הקרונית קשורה באמצעות חוט, הכרוך על גלגלת חסרת-חיכוך, אל משקולת שמסתה $M = 4\ kg$. (ראה צירוף).
כוח אופקי של $F = 60\ N$ מושך את הקרונית שמאלה במשך 3 שניות. לאחר זמן זה, מפסיק הכוח לפעול.



א. תאר במילים את תנועת הקרונית ב-3 השניות הראשונות ולאחריהן. (4 נקודות)

ב. מה מהירות הקרונית ברגע שהכוח F מפסיק לפעול? (4 נקודות)

ג. מה המרחק שעברה הקרונית מהרגע שהכוח F התחיל לפעול ועד שפסק? (4 נקודות)

ד. כעבור כמה זמן מהרגע שהכוח מפסיק לפעול תחזור הקרונית למקום בו נמצאה ברגע זה? (3 נקודות)

17. לויין בעל מסה $m = 10^3\ kg$ מקיף את כדור-הארץ במשך זמן T_1 במסלול מעגלי שרדיוסו R_1. כדי להעלות את הלויין ממסלול זה למסלול מעגלי שרדיוסו R_2 $(R_2 > R_1)$, דרושה אנרגיה של $\Delta E = 6\times10^9\ J$. זמן המחזור במסלול החדש הוא T_2.

א. מהו הרדיוס R_1, של המסלול הראשון של הלויין, אם ידוע כי היחס בין זמני המחזור של שני המסלולים $\frac{T_2}{T_1} = 8$. (6 נקודות)

ב. מהו זמן המחזור T_1 של הלויין במסלולו הראשון? (3 נקודות)

ג. מהי האנרגיה שהיתה דרושה כדי להעלות את הלויין מכוון-השילוח שעל פני כדור-הארץ ולהכניסו למסלול ההקפה הראשון שלו? (6 נקודות)

חלק ג' – חשמל

עליך לענות על שתים משלוש השאלות 18–20 (לכל שאלה 15 נקודות)

18. קבל לוחות שקיבולו 10^{-8} פרד מחובר דרך נגד, שהתנגדותו R, לספק שהכאיים שלו 1000 וולט והתנגדותו הפנימית זניחה.

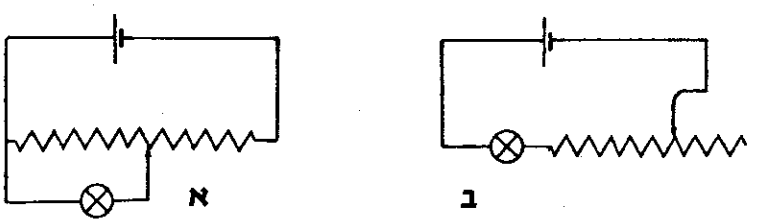
א. מהי כמות המטען המצטברת על כל אחד מהלוחות ומהי האנרגיה החשמלית הנאגרת בקבל? (4 נקודות)

ב. מהי כמות החום המשתחררת בנגד? האם כמות חום זו תלויה בהתנגדותו של הנגד? (4 נקודות)

ג. מהי כמות החום המשתחררת בנגד, כאשר מנתקים את הספק ולאחר מכן סוגרים את המעגל? (4 נקודות)

ד. מהי כמות החום המשתחררת בנגד כאשר מנתקים את הספק, מגדילים פי שניים את המרחק בין לוחות הקבל, ואחר-כך סוגרים את המעגל? (3 נקודות)

19. ברשות תלמיד נורה, עליה רשום 1W; 4V, ומקור מתח שהכאיים שלו 12V והתנגדותו הפנימית זניחה. התלמיד רצה להדליק את הנורה באורה המלא (בהתאם לרשום עליה). לשם כך הוא לקח נגד משתנה, שהתנגדותו 48Ω, ובנה בזה אחר זה שני מעגלים (ראה צירים א ו-ב):



בשני המקרים הצליח התלמיד להדליק את הנורה באורה המלא.

א. באיזה מן המעגלים תהיה צריכת הזרם מן המקור גדולה יותר ובכמה? (6 נקודות)

ב. באיזה מן המעגלים יוכל התלמיד להחליש את אור הנורה באופן רציף עד לכיבויה המוחלט? נמק. (6 נקודות)

ג. ציין יתרון בכל אחת משתי שיטות החיבור שתוארו. (3 נקודות)

20. שדה חשמלי אחיד שעוצמתו 80 $\frac{\text{וולט}}{\text{סיימ}}$ מאונך לשדה מגנטי שעוצמתו $3\cdot10^{-3}$ טסלה $\left(\frac{\text{ובר}}{\text{מ}^2}\right)$. אלומת אלקטרונים נעה במהירות קבועה ובלי סטייה במאונך לקווי השדה של שני השדות הנ"ל.

א. חשב את מהירות האלקטרונים. (5 נקודות)

ב. חשב את המתח שהיה דרוש כדי להאיץ את האלקטרונים למהירותם זו, לפני כניסתם לשני השדות. (2 נקודות)

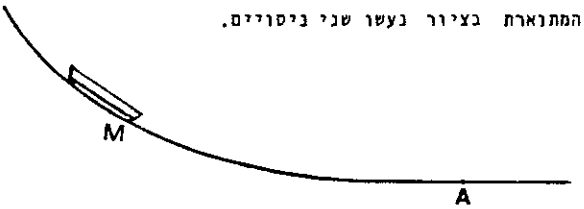
ג. כיצד יראה מסלול התנועה של האלקטרונים, אם מבטלים את השדה החשמלי ומשאירים את השדה המגנטי בלבד? נמק. (4 נקודות)

ד. כיצד יראה מסלול התנועה של האלקטרונים, אם מבטלים את השדה המגנטי ומשאירים את השדה החשמלי בלבד? נמק. (4 נקודות)

חלק ד' - שאלון השלמה

עליך לענות על עשר מתוך שתים עשרה השאלות 21-32

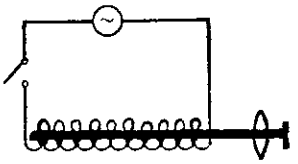
21. במזחלת שלג המתוארת בציור נעשו שני ניסויים.



בניסוי הראשון יושב במזחלת רק אדם אחד. המזחלת מחליקה במורד מנקודה M, וממשיכה לנוע במסלול האופקי. היא נעצרת בנקודה A.
בניסוי השני יושבים במזחלת 5 נוסעים. המזחלת מחליקה גם הפעם מנקודה M.
היכן תיעצר המזחלת?

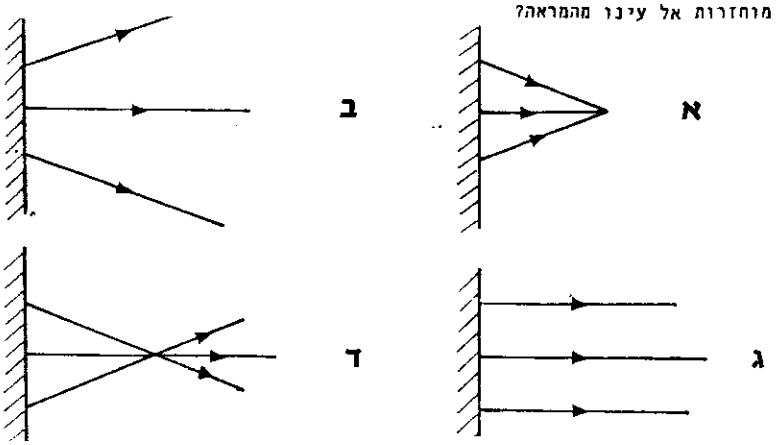
א. לפני הנקודה A
ב. בנקודה A
ג. אחרי הנקודה A
ד. אין אפשרות להשיב מבלי לדעת את מקדם החיכוך בין המזחלת והמסלול.

22. טבעת נחושת נמצאת על מוט ברזל במרחק לא גדול מסליל הכרוך סביב אותו המוט (ראה ציור). כאשר סוגרים את המעגל החשמלי עובר בסליל זרם חילופין.
כתוצאה מכך הטבעת:

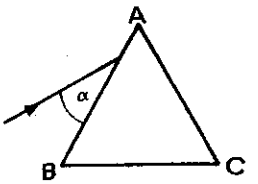


א. תימשך ותידחה לסירוגין על ידי הסליל
ב. תימשך אל הסליל (שמאלה)
ג. תידחה מהסליל (ימינה)
ד. לא תימשך ולא תידחה.

23. אדם עומד לפני מראה מישורית ורואה נקודה על מצחו.
איזה מבין התרשימים הבאים מתאר את מהלכן של קרניים שמוצאן בנקודה הנייל ואשר מוחזרות אל עינו מהמראה?



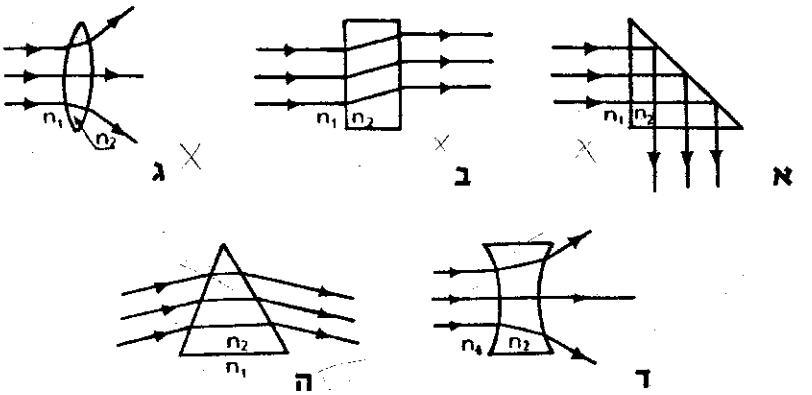
24. קרן אור פוגעת בפריסמה משולשת שוות-צלעות בזווית α לפאה AB (ראה ציור 4).
כאשר $\alpha < 90^o$, חלק מהאור יוצא דרך הפאה AC. כאשר $\alpha \geq 90^o$, אין אור יוצא דרך הפאה AC.
מקדם השבירה של החומר ממנו עשויה הפריסמה הוא:



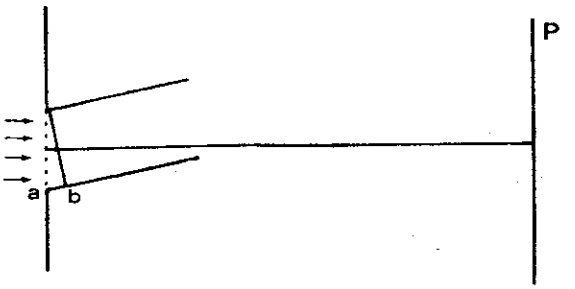
ציור 4

א. $\frac{\sqrt{3}}{2}$
ב. $2\sqrt{2}$
ג. $\frac{1}{2}$
ד. $\frac{1}{\sqrt{2}}$
ה. $\frac{2}{\sqrt{3}}$

25. בציורים הבאים, $n_1 > n_2$. איזה מהציורים הבאים מתאר נכונה את מהלכן של קרני האור?



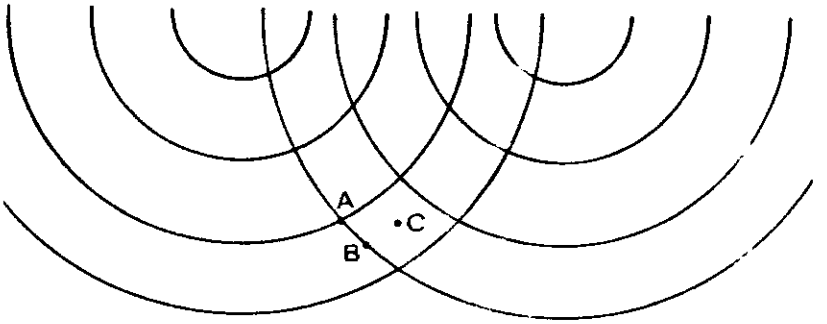
26. אור מונוכרומטי בעל אורך גל λ פוגע במאונך בסדק צר, כך שנוצרת תבנית עקיפה על מסך רחוק. אם הנקודה P נמצאת על הפס הכהה הראשון אחרי המקסימום המרכזי, אזי המרחק ab (ראה ציור) חייב להיות:



מסך רחוק

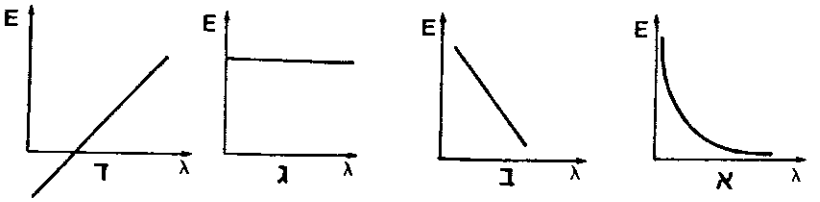
א. 2λ
ב. $\frac{3\lambda}{2}$
ג. λ
ד. $\frac{\lambda}{2}$
ה. $\frac{\lambda}{4}$

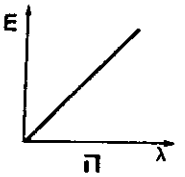
27. שני מקורות נקודתיים יוצרים גלים מעגליים מחזוריים. הציור הבא מתאר את חזיתות הגלים ברגע מסויים.
באיזו מבין הנקודות A, B, C, המתוארות בציור מתרחשת התאבכות הרסתי?



א. A
ב. B
ג. C
ד. באף אחת משלוש הנקודות המופיעות בציור.

28. איזה מהגרפים הבאים מתאר בצורה הטובה ביותר את תלות האנרגיה E של פוטונים באורך הגל שלהם λ ?





29. מודדים את שטף האנרגיה בשתי אלומות של קרינה אלקטרומגנטית.
אלומה a באורך גל של $2\cdot10^{-7}$ מטר ואלומה b באורך גל של $8\cdot10^{-7}$ מטר.
מוצאים כי שטף האנרגיה של אלומה a <u>גדול פי שניים</u> מזה של אלומה b.
אם n_a ו- n_b הם שטפי הפוטונים הנמדדים בשתי אלומות אלו, אזי היחס $\frac{n_a}{n_b}$ הוא:

א. 2 ב. 1/2 ג. 4 ד. 1/4 ה. 1

30. אור מונוכרומטי נופל על משטח מתכתי וגורם לפליטת אלקטרונים ממנו.
מחלישים את עוצמת האור הפוגע במשטח.
איזה מבין המשפטים הבאים נכון?

א. אם מקטינים את עוצמת האור מתחת לערך מסוים, לא נפלטים אלקטרונים מן המתכת.

ב. מספר האלקטרונים הנפלטים בכל שנייה קטן, אולם האנרגיה הקינטית המירבית שלהם אינה משתנה.

ג. מספר האלקטרונים הנפלטים בכל שנייה קטן, וגם האנרגיה הקינטית המירבית שלהם קטנה.

ד. מספר האלקטרונים הנפלטים בכל שנייה אינו משתנה, אולם האנרגיה הקינטית המירבית שלהם קטנה.

31. חלקיק $_{83}Bi^{214}$ פולט חלקיק β^-. כתוצאה מכך מתקבל:

א. $_{84}Po^{214}$

ב. $_{82}Pb^{214}$

ג. $_{84}Po^{213}$

ד. $_{83}Bi^{213}$

32. היסוד סטרונציום 90 $\left(_{38}Sr^{90}\right)$ הוא רדיואקטיבי ובעל תקופת מחצית חיים של 20 שנה.
מהי כמות הסטרונציום שהיתה בכלי לפני 100 שנה, אם נמצאים בו 3 גרם מהחומר?

א. 15 גרם

ב. 32 גרם

ג. 96 גרם

ד. 243 גרם

ב ה צ ל ח ה ו

תשובות סופיות - שאלון 1982

1. א. $\theta = tg^{-1}\left(\frac{1-\mu_1\cdot\mu_2}{2\cdot\mu_1}\right)$ ב. לא כי $\theta = 90^0$

2. א. $h = 2.75\ R$ ב. הגליל ינתק $v = \sqrt{0.75\cdot g\cdot R}$

3. ב. הלחץ קטן פי 2 $\Delta S = 5.67\ \frac{J}{K}$

4. א. (1) $W = -1.24\cdot10^5$ J (2) $W = -1.73\cdot10^5$ J (3) $W = -2.49\cdot10^5$ J

ב. (1) $W = -1.24\cdot10^5$ J (2) $W = -1.73\cdot10^5$ J (3) $W = -2.49\cdot10^5$ J

5. א. (1) $h_2 = 30$ cm (2) $h_3 = 70$ cm ב. 31.5 cm

6. א. $W_2' = W_2\cdot\left(1-\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$ ב. $W_1' = W_1 + W_2\cdot\frac{\rho_1}{\rho_2}$

7. א. $m = 5\ \frac{Mev}{C^2}$ ב. לא

8. $v = 0.98\ c$

9. א. $Z = 10.6\ \Omega$; $I_{eff} = 9.43$ A ; $\phi = 61^0 50'$

ב. $\omega_0 = 10^4\ \frac{rad}{sec}$; $I_{eff} = 20$ A

ג. $V_L = 200$ V ; $V_C = 200$ V ; $V_R = 100$ V

10. א. 90^0 ב. $X_L = 8\ \Omega$

11. ב. (1) $\Delta\alpha = 1^0 40'$ (2) $\Delta\alpha = 0^0$ (3) $\Delta X = 0.33$ cm

12. ב. הכתם החמישי והכתם השישי

13. א. $\lambda = 6630$ Å ב. $E_K = 0.95$ eV ג. $V = -0.95$ V

14. א. $\lambda = 0.729$ Å ג. $E_K = 3.978\cdot10^{-15}$ J

15. א. $U = -\frac{m}{M}\cdot v$ ב. $U' = \frac{2m\cdot v}{M+m}$ ג. $X = \frac{2\cdot x\cdot m}{M-m}$

16. ב. $v_t = 6\ \frac{m}{sec}$ ג. $X = 9\ m$ ד. $t = 3\ sec$

17. א. $R_1 = 2.5 \cdot 10^7\ m$ ב. $T_1 = 39{,}260\ sec$ ג. $E_K = 5.45 \cdot 10^{10}\ J$

18. א. $Q = 10^{-5}\ C\ ;\ E = 5 \cdot 10^{-3}\ J$ ב. $E = 5 \cdot 10^{-3}\ J$

ג. $E = 5 \cdot 10^{-3}\ J$ ד. $E' = 10^{-2}\ J$

19. א. מעגל א' ב- $0.1443\ A$

20. א. $v = 2.667 \cdot 10^6\ \frac{m}{sec}$ ב. $V = 20.23\ V$

21. ב'

22. ג'

23. ב'

24. ה'

25. ג'

26. ג'

27. ב'

28. א'

29. ב'

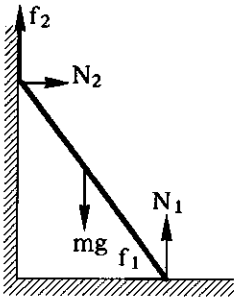
30. ב'

31. א'

32. ג'

פיתרון מספר 1 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. נצייר את הכוחות הפועלים על הסולם:
במצב של שיווי משקל שקול הכוחות
ושקול המומנטים שווים לאפס.



$$\Sigma F_X = 0 \qquad \Sigma F_Y = 0$$

$$N_2 - f_1 = 0 \qquad N_1 + f_2 - mg = 0$$

$$N_2 = \mu_1 \cdot N_1 \qquad N_1 + \mu_2 \cdot N_2 = mg$$

משתי המשוואות:

$$N_2 = \frac{\mu_1 \cdot mg}{(1 + \mu_1 \cdot \mu_2)} \quad ; \quad N_1 = \frac{mg}{(1 + \mu_1 \cdot \mu_2)}$$

$\Sigma M = 0$ (ביחס לנקודה התחתונה)

$$mg \cdot \frac{L}{2} \cdot \cos(\theta) - N_2 \cdot L \cdot \sin(\theta) - f_2 \cdot L \cdot \cos(\theta) = 0$$

נצמצם את L:

$$mg \cdot \cos(\theta) - 2 \cdot N_2 \cdot [\sin(\theta) + \mu_2 \cdot \cos(\theta)] = 0$$

$$mg \cdot \cos(\theta) - \frac{2 \cdot \mu_1 \cdot mg}{(1 + \mu_1 \cdot \mu_2)} \cdot [\sin(\theta) + \mu_2 \cdot \cos(\theta)] = 0$$

נצמצם את mg ונעשה מכנה משותף:

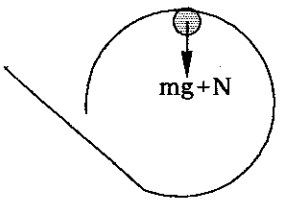
$$\cos(\theta) + \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \cos(\theta) - 2 \cdot \mu_1 \cdot \sin(\theta) - 2 \cdot \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \cos(\theta) = 0$$

$$\cos(\theta) \cdot [1 - \mu_1 \cdot \mu_2] = 2 \cdot \mu_1 \cdot \sin(\theta)$$

$$tg(\theta) = \frac{1 - \mu_1 \cdot \mu_2}{2 \cdot \mu_1} \implies \theta = tg^{-1}\left(\frac{1 - \mu_1 \cdot \mu_2}{2 \cdot \mu_1}\right)$$

ב. כאשר $\mu_1 = 0$ הזווית צריכה להיות 90^0 מכיוון שהביטוי בסוגריים שואף לאינסוף.

פיתרון מספר 2 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח



א. נמצא קודם כל את המהירות הקריטית בנקודה העליונה של המסילה המעגלית. הכוחות הפועלים על הגליל הם משקלו והכח הנורמלי. במצב קריטי של התנתקות מתאפס הכח הנורמלי ולכן:

$$\Sigma F_R = m\cdot\frac{v^2}{R}$$

$$mg = m\cdot\frac{v^2}{R} \Longrightarrow v^2 = gR$$

את הקשר בין המהירות בנקודה העליונה של המסילה המעגלית והגובה h נמצא בעזרת שיקולי אנרגיה.

$$mgh = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2 + mg\cdot 2R$$

מומנט התמד של גליל: $I = \frac{1}{2}\cdot mr^2$

גלגול ללא החלקה: $v = \omega\cdot r$

נציב:

$$mgh = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot mr^2\right)\cdot\left(\frac{v}{r}\right)^2 + mg\cdot 2R$$

נציב את הביטוי למהירות הקריטית ונצמצם ב- mg:

$$h = \frac{R}{2} + \frac{R}{4} + 2R \Longrightarrow h = 2.75\ R$$

ב. מומנט ההתמד של גליל חלול הוא: $I = m\cdot r^2$. נציב במשוואת שימור האנרגיה:

$$mg\cdot(2.75\cdot R) = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot(m\cdot r^2)\cdot\left(\frac{v}{r}\right)^2 + mg\cdot 2R$$

$$v^2 = (2.75 - 2)\cdot rR = 0.75\cdot gR$$

מהירות זו קטנה מהמהירות הקריטית $\sqrt{gR}$ ולכן הגליל ינתק מהמסילה המעגלית.

פיתרון מספר 5 - שאלון פרקי בחירה- תורת הנוזלים והגזים

א. (1) כאשר הברז הפתוח פונה למעלה הלחץ על האויר הכלוא P_2 הוא סכום הלחץ החיצוני P_0 ולחץ עמוד הכספית P_d.

$$P_2 = P_0 + P_d = 75 + 30 = 105 \text{ cm Hg}$$

נשתמש בחוק בויל המקשר בין שני מצבים של אותו הגז הנמצא בטמפרטורה קבועה.

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

מכיוון ששטח החתך של הצינור קבוע נצמצם אותו ונישאר עם הגובה בלבד.

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{P_1}{P_2} = 42 \cdot \frac{75}{105} = 30 \text{ cm}$$

(2) כאשר הברז הפתוח מופנה כלפי מטה האויר הכלוא ועמוד הכספית מאזנים את הלחץ החיצוני.

$$P_0 = P_d + P_3$$

$$P_3 = P_0 - P_d = 75 - 30 = 45 \text{ cm Hg}$$

בעזרת חוק בויל:

$$P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3$$

$$h_3 = h_2 \cdot \frac{P_2}{P_3} = 30 \cdot \frac{105}{45} = 70 \text{ cm}$$

ב. כאשר שני הפתחים סגורים מאזן הלחץ בחלק התחתון (P_5) את הסכום של עמוד הכספית (P_d) והלחץ בחלק העליון (P_4).

$$P_5 = P_d + P_4 \implies (1) \quad P_5 = 30 + P_4$$

בכל אחד מהתאים מתקיים חוק בויל. נסמן את התוספת של התא העליון מעבר ל- 42 cm ב- X.

$$P_4 \cdot V_4 = P_0 V_0 \implies P_4 \cdot h_4 = P_0 \cdot h_0$$

$$(2) \quad P_4 \cdot (42 + X) = 75 \cdot 42 = 3150$$

$$P_5 \cdot V_5 = P_0 V_0 \implies P_5 \cdot h_5 = P_0 \cdot h_0$$

אם נחבר את משוואות 2 ו- 3 נקבל: $42 \cdot (P_4 + P_5) = 6300$

נציב את משוואה 1: $42 \cdot (2 \cdot P_4 + 30) = 6300$

מכאן: $P_4 = 60 \text{ cm Hg}$ ולכן, אם נציב במשוואה 2:

$$60 \cdot (42 + X) = 3150 \implies X = 10.5 \text{ cm}$$

גובה עמוד האויר הכלוא מתחת לכספית הוא: $42 - 10.5 = 31.5 \text{ cm}$

פיתרון מספר 6 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. הדינמומטר מראה את המשקל המדומה של גוש המתכת. המשקל המדומה (W_2') הוא המשקל האמיתי (W_2) שמפחיתים ממנו את משקל הנוזל שנדחה (W): $W_2' = W_2 - W$

נפח הנוזל שנדחה שווה לנפח גוש הברזל: $V = \frac{W_2}{\rho_2}$

משקל הנוזל שנדחה הוא: $W = \rho_1 \cdot V = W_2 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}$

הדינמומטר מראה:

$$W_2' = W_2 - W = W_2 - W_2 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} = W_2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_2}\right)$$

ב. אם הדינמומטר מאזן חלק מהמשקל W_2 המשקולת צריכה לאזן, בנוסף למשקל הנוזל, את ההפרש במשקל גוש המתכת השווה למשקל הנוזל שנדחה.

$$W_1' = W_1 + W_2 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

פיתרון מספר 9 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. הנתונים הם: $C = 10 \cdot 10^{-6} \text{ F} \; ; \; R = 5\,\Omega \; ; \; L = 10^{-3} \text{ H} \; ;$

$$V_{eff} = 100 \text{ V} \; ; \; f = 2500 \text{ Hz} \implies \omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 1.57 \cdot 10^4 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}$$

$$Z = \sqrt{5^2 + \left(1.57\cdot 10^4\cdot 10^{-3} - \frac{1}{1.57\cdot 10^4\cdot 10\cdot 10^{-6}}\right)^2} = 10.6\ \Omega$$

הזרם האפקטיבי במעגל הוא: $I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z} = \frac{100}{10.6} = 9.43\ A$

הנוסחה לזווית המופע היא: $tg(\phi) = \frac{\omega\cdot L - \frac{1}{\omega\cdot C}}{R}$

(אסור להשתמש בנוסחה עם $\cos(\phi)$ כי פונקצית ה- cos לא מבדילה בין +/- ואי אפשר לדעת אם הזווית חיובית או שלילית.)

$$tg(\phi) = \frac{1.57\cdot 10^4\cdot 10^{-3} - \frac{1}{1.57\cdot 10^4\cdot 10\cdot 10^{-6}}}{5} = 1.868$$

$$\phi = 61^o 50'$$

ב. עוצמת הזרם במעגל מירבית במצב של תהודה:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L\cdot C}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-3}\cdot 10\cdot 10^{-6}}} = 10^4\ \frac{rad}{sec}$$

העכבה השקולה במצב של תהודה שווה להתנגדות הנגד בלבד, לכן:

$$I_{eff} = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R} = \frac{100}{5} = 20\ A$$

ג. $V_C = I_{eff}\cdot X_C = 20\cdot\frac{1}{10^4\cdot 10\cdot 10^{-6}} = 200\ V$

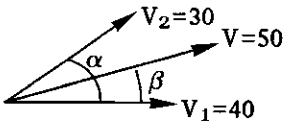
$$V_L = I_{eff}\cdot X_L = 20\cdot 10^4\cdot 10^{-3} = 200\ V$$

$$V_R = I_{eff}\cdot R = 20\cdot 5 = 100\ V$$

סכום הזרמים אינו שווה למתח המקור בגלל הפרש המופע שבין המתחים. במצב של תהודה שווים המתחים על הקבל והסליל ובגלל הפרש המופע של π ביניהם הם מבטלים זה את זה ומתח המקור שווה למתח כל הנגד.

פיתרון מספר 10 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. (נניח שאנחנו לא יודעים ש- $30^2+40^2=50^2$)
נסמן את הפרש המופע שבין שני המקורות באות α ואת הפרש המופע בין המקור V_1 לבין המתח השקול V באות β.



המשוואות הן:

$$V_2\cdot\cos(\alpha) + V_1 = V\cdot\cos(\beta)$$

$$V_2\cdot\sin(\alpha) = V\cdot\sin(\beta)$$

נציב:

$$(1)\quad 30\cdot\cos(\alpha) + 40 = 50\cdot\cos(\beta)$$

$$(2)\quad 30\cdot\sin(\alpha) = 50\cdot\sin(\beta)$$

נעלה את משוואה (1) בריבוע:

$$900\cdot\cos^2(\alpha) + 1600 - 2400\cdot\cos(\alpha) = 2500\cdot\cos^2(\beta)$$

נשתמש בזהות: $\cos^2(\beta) = 1 - \sin^2(\beta)$

כאשר, ממשוואה (1) אנחנו יודעים ש- $\sin(\beta) = 0.6\cdot\sin(\alpha)$

$$900\cdot\cos^2(\alpha) + 1600 - 2400\cdot\cos(\alpha) = 2500\cdot[1 - 0.36\cdot\sin^2(\alpha)]$$

$$900\cdot[\cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha)] - 900 = 2400\cdot\cos(\alpha)$$

$$\cos(\alpha) = 0 \implies \alpha = 90^0$$

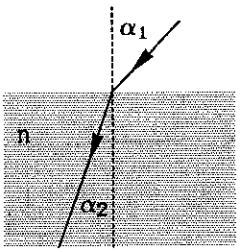
ב.

$$Z = \frac{V_{eff}}{I_{eff}} = \frac{50}{5} = 10\ \Omega$$

$$P = I_{eff}^2\cdot R \implies R = \frac{P}{I_{eff}^2} = \frac{150}{5^2} = 6\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 - X_L^2} \implies X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{10^2 - 6^2} = 8\ \Omega$$

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

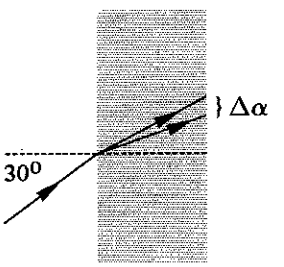


א. הדרך הפשוטה ביותר למציאת מקדם שבירה של חומר היא בעזרת חוק סנל. מקרינים על החומר השקוף קרן אור בזווית פגיעה ידועה (α_1) ומודדים את זווית השבירה (α_2). מקדם השבירה של החומר n נתון בנוסחה: $n = \frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)}$

(מקדם השבירה של אויר שווה ל- 1)

ב. (1) נמצא את זווית השבירה של כל אחת מהקרניים.

הנתונים הם: $\alpha = 30^0$ $n = 1$ $\Longleftarrow$ $n \cdot \sin(\alpha) = n' \cdot \sin(\alpha')$



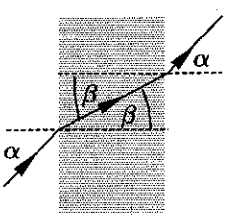
$$\sin(\alpha') = \frac{\sin(30^0)}{n'}$$

$$\sin(\alpha_1) = \frac{0.5}{1.54} = 0.32 \Longrightarrow \alpha_1 = 18^0 57'$$

$$\sin(\alpha_2) = \frac{0.5}{1.42} = 0.35 \Longrightarrow \alpha_1 = 20^0 37'$$

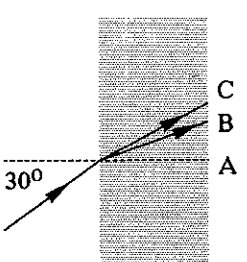
$$\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 20^0 37' - 18^0 57' = 1^0 40'$$

(2) בגלל שלוח הזכוכית הוא בעל פאות מקבילות יצאו הקרניים מן הפאה השניה מקבילות, ללא קשר למקדם השבירה של הזכוכית.



חוק סנל לא מבדיל בין קרן נכנסת וקרן יוצאת, ומסלול הקרניים הוא תמיד הפיך. מכיוון שזווית השבירה בכניסה (β) שווה לזווית הפגיעה ביציאה (בגלל שהפאות מקבילות) גם זווית השבירה ביציאה (α) תהיה שווה לזווית הפגיעה בכניסה.

(3) מכיוון שהקרניים יוצאות מקבילות המרחק ביניהן ביציאה $\overline{BC}$ ישאר זהה עד לפגיעה במסך.



$$\overline{BC} = \overline{AC} - \overline{AB}$$

$$\overline{AC} = \overline{AO} \cdot tg(\alpha_1) \; ; \; \overline{AB} = \overline{AO} \cdot tg(\alpha_2)$$

$$\overline{AC} = 10 \cdot tg(20^0 37') = 3.76 \text{ cm}$$

$$\overline{AB} = 10 \cdot tg(18^0 57') = 3.43 \text{ cm}$$

$$\overline{BC} = 3.76 - 3.43 = 0.33 \text{ cm}$$

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. מקרינים אור מונוכרומטי באורך גל ידוע λ דרך הסריג. במרחק L מן הסריג מציבים מסך ומודדים עליו את המרחק ΔX בין שני פסי אור סמוכים.

קבוע הסריג N^* נתון בקשר: $N^* = \frac{\Delta X}{\lambda \cdot L}$

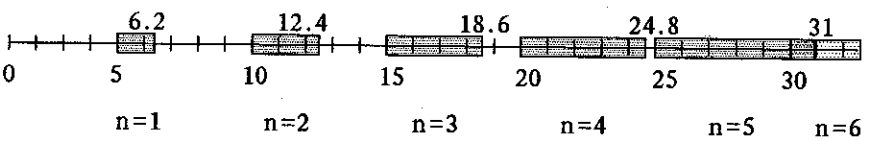
ב. המיקום של נקודת האור של אורך גל מסוים ביחס לאורך גל אחר, תלוי רק באורך הגל עצמו כי המרחק מהמסך L וקבוע הסריג N^* שווים לכולם.

החפיפה בין כתמי אור סמוכים תתרחש כאשר מכסימום מספר n של 6200 Å יתלכד עם המכסימום הבא (n+1) של 5000 Å.

$$6200 \cdot n = 5000 \cdot (n+1) \implies n = \frac{5000}{1200} = 4.166$$

n חייב להיות מספר שלם גדול מ- 4 כך שיתלכדו הכתם החמישי והכתם השישי.

נראה זאת גם על ידי שרטוט הכתמים ונתייחס לאורך הגל כמספר בין שתי ספרות (חילקנו את אורך הגל ב- 10^{-7})



פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. אורן הגל המכסימלי ישחרר אלקטרונים ללא אנרגיה קינטית: $\frac{h \cdot c}{\lambda} = B$

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{B} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{3.0 \cdot 10^{-19}} = 6.63 \cdot 10^{-7}\ m = 6630\ Å$$

ב. נשתמש בנוסחת איינשטיין: $E_K = \frac{h \cdot c}{\lambda} - B$

$$E_K = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{4.4\cdot 10^{-7}} - 3.0\cdot 10^{-19} = 1.52\cdot 10^{-19}\ J = 0.95\ eV$$

ג. המתח העוצר הופך את האנרגיה הקינטית לאנרגיה פוטנציאלית חשמלית.

$$E_K = q\cdot V \implies V = \frac{E_K}{q} = \frac{1.52\cdot 10^{-19}}{-1.6\cdot 10^{-19}} = -0.95\ V$$

(סימן המינוס משמעו שכיוון המתח הפוך לכיוון המתח שהיה עוצר מטען חיובי)

ד. לעוצמת האור (מספר הפוטונים הפוגעים במתכת) אין שום השפעה על התוצאות מכיוון שהתהליך של שחרור אלקטרון ממתכת הוא תהליך המתרחש בין פוטון אחד ואלקטרון אחד. עוצמת האור קובעת רק את מספר התהליכים המתרחשים ולא את האנרגיה שלהם.

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. אורך הגל של אלקטרון ניתן בנוסחת דה-ברולי:

$$\lambda = \frac{h}{m\cdot v} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}}{9.1\cdot 10^{-31}\cdot 10^{7}} = 7.29\cdot 10^{-11}\ m = 0.729\ \text{Å}$$

ב. לאלקטרון יש מטען חשמלי והפוטון הוא נייטרלי, כך שהעברת האלומה דרך שדה חשמלי או שדה מגנטי תגרום לסטיית אלומת האלקטרונים ממסלולה.

ג. האנרגיה המכסימלית של פוטון היא כשאורך הגל שלו הוא מינימלי. במקרה זה 0.5 Å :

$$E_K = \frac{h\cdot c}{\lambda} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{0.5\cdot 10^{-10}} = 3.978\cdot 10^{-15}\ J$$

פיתרון מספר 15 - מכניקה

א. זריקת הכדור היא פעולה פנימית במערכת של הנער והכדור כך שהתנע הכללי חייב להישאר אפס.

$$0 = M\cdot U + m\cdot v \implies U = -\frac{m}{M}\cdot v$$

ב. הכדור חוזר מן הקיר באותה המהירות v רק בכיוון הפוך. נבחר את כיוון התנועה של הנער ככיוון החיובי:

$$\underbrace{M\cdot U + m\cdot v} = \underbrace{(M+m)\cdot U'}$$

אחרי ההתנגשות לפני ההתנגשות

$$U' = \frac{M\cdot U + m\cdot v}{M+m} = \frac{M\cdot\frac{m}{M}\cdot v + m\cdot v}{M+m} = \frac{2m\cdot v}{M+m}$$

ג. נסמן את המרחק שהנער עבר ב- X. מכיוון שהנער נע בתנועה שוות מהירות:

$$X = U\cdot t = \frac{m}{M}\cdot v\cdot t$$

באותו הזמן עבר הכדור מרחק של : $2\cdot x + X$ כאשר הוא נע במהירות קבועה v :

$$2\cdot x + X = v\cdot t$$

נציב את t מהביטוי הראשון:

$$2\cdot x + X = v\cdot\left(\frac{M\cdot X}{m\cdot v}\right) \Longrightarrow 2\cdot x + X = X\cdot\frac{M}{m}$$

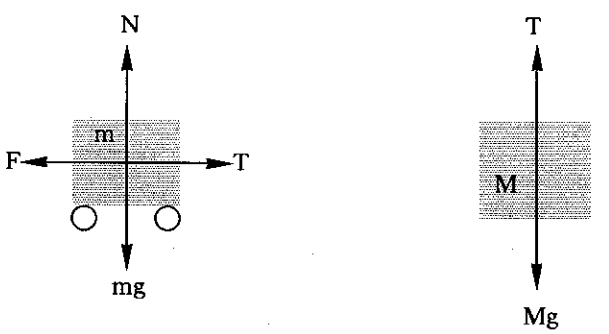
$$X = \frac{2\cdot x}{\left(\frac{M}{m} - 1\right)} = \frac{2\cdot x\cdot m}{M - m}$$

ד. חוק שימור התנע קובע שכל זמן שלא פועלים על מערכת כוחות חיצוניים ישאר התנע קבוע. במקרה שלנו הקיר הפעיל כח חיצוני וגרם לשינוי התנע של הכדור מ- (mv) ל- (-mv) . שינוי זה שינה את התנע של כל המערכת.

פיתרון מספר 16 - מכניקה

א. בשלוש השניות הראשונות מאיצה הקרונית שמאלה. אחר כך מאיטה הקרונית עד לעצירה ומתחילה להאיץ ימינה.

ב. נמצא את תאוצת הקרונית בשלוש השניות הראשונות על ידי הסתכלות על הכוחות הפועלים על שני הגופים:



לגבי הגוף התלוי: $\Sigma F_Y = Ma$ לגבי הקרונית: $\Sigma F_X = ma$

$T - Mg = Ma$ $F - T = ma$

$T - 4\cdot g = 4\cdot a$ $60 - T = 6\cdot a$

משתי המשוואות נמצא: $a = 2\,\frac{m}{sec^2}$; $T = 48\ N$

התנועה היא תנועה שוות תאוצה. הנתונים הם:

$t = 3\ sec$; $v_0 = 0$; $a = 2\,\frac{m}{sec^2}$

$v_t = v_0 + a\cdot t = 0 + 2\cdot 3 = 6\,\frac{m}{sec}$

ג. $X = v_0\cdot t + \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 = 0 + \frac{1}{2}\cdot 2\cdot 3^2 = 9\ m$

ד. נמצא את תאוטת הקרונית לאחר הפסקת פעולת הכח. המשוואות הן אותן המשוואות רק שעכשיו $F = 0$:

$T - Mg = Ma$ $-T = ma$

$T - 4\cdot g = 4\cdot a$ $-T = 6\cdot a$

משתי המשוואות נמצא: $a = -4\,\frac{m}{sec^2}$; $T = 24\ N$

התנועה היא תנועה שוות תאוטה. העובדה שהקרונית חוזרת לאותה הנקודה מבוטאת על ידי איפוס ההעתק $X = 0$ כי ההעתק הוא המרחק מנקודת המוצא.

הנתונים הם: $v_0 = 6\,\frac{m}{sec}$; $X = 0$; $a = -4\,\frac{m}{sec^2}$

$X = v_0\cdot t + \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$

$0 = 6\cdot t + \frac{1}{2}\cdot(-4)\cdot t^2 \implies 6\cdot t = 2\cdot t^2$

למשוואה ריבועית זו שני פתרונות.
$t=0$ הוא פיתרון ברור כי ברגע זה יצאה הקרונית מן הנקודה $X=0$
$t=3\ sec$ הוא הפיתרון המעניין אותנו.

פיתרון מספר 17 - מכניקה

א. האנרגיה של לווין במסלול מעגלי נתונה בנוסחה: $E = -\frac{G \cdot M \cdot m}{2R}$

הפרש האנרגיה בין המסלולים הוא:

$$\Delta E = \frac{-G \cdot M \cdot m}{2 \cdot R_2} - \frac{-G \cdot M \cdot m}{2 \cdot R_1} = \frac{G \cdot M \cdot m}{2} \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

החוק השלישי של קפלר הוא: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$

מכאן: $\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{2/3} = \left(\frac{1}{8}\right)^{2/3} = \frac{1}{4}$

נציב בביטוי להפרש האנרגיה:

$$\Delta E = \frac{G \cdot M \cdot m}{2} \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{4 \cdot R_1}\right) = \frac{3 \cdot G \cdot M \cdot m}{8 \cdot R_1}$$

$$R_1 = \frac{3 \cdot G \cdot M \cdot m}{8 \cdot \Delta E} = \frac{3 \cdot 6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 10^3}{8 \cdot 6 \cdot 10^9} = 2.5 \cdot 10^7 \text{ m}$$

ב. מכיוון שהלווין נע בתנועה מעגלית: $\Sigma F_R = m\omega^2 \cdot R$

הכח הגורם לתנועה המעגלית הוא כח הכבידה: $\frac{G \cdot M \cdot m}{R^2} = m\omega^2 \cdot R$

נציב: $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$

$$\frac{G \cdot M \cdot m}{R^2} = m \cdot \left(\frac{2 \cdot \pi}{T}\right)^2 \cdot R \quad \Longrightarrow \quad T^2 = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot M} \cdot R^3$$

לכן:

$$T_1 = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{R_1^3}{G \cdot M}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{(2.5 \cdot 10^7)^3}{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}} = 39{,}260 \text{ sec}$$

ג. האנרגיה הקינטית E_K הדרושה להעלות לווין למסלול מעגלי ברדיוס R_1 היא ההפרש בין האנרגיה הכללית של הלווין ובין האנרגיה הפוטנציאלית על פני כדור הארץ.

$$\underbrace{\frac{-G \cdot M \cdot m}{2R_1}}_{\text{האנרגיה של הלווין}} = E_K + \underbrace{\frac{-G \cdot M \cdot m}{R_0}}_{\text{האנרגיה על כדור הארץ}}$$

$$E_K = \frac{-G\cdot M\cdot m}{2\cdot R_1} + \frac{G\cdot M\cdot m}{R_0} = G\cdot M\cdot m\cdot\left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{2\cdot R_1}\right)$$

$$E_K = 6.67\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}\cdot 10^3\cdot\left(\frac{1}{6.4\cdot 10^6} - \frac{1}{2\cdot 2.5\cdot 10^7}\right) = 5.45\cdot 10^{10}\ J$$

פיתרון מספר 18 - חשמל

א. זהו מעגל RC טורי. לאחר זמן אינסופי אין זרם במעגל וכל המתח של מקור המתח נופל על הקבל. המטען על הקבל הוא:

$Q = C\cdot V = 10^{-8}\cdot 1000 = 10^{-5}\ C$

האנרגיה האצורה בקבל: $E_C = \frac{Q\cdot V}{2} = \frac{10^{-5}\cdot 1000}{2} = 5\cdot 10^{-3}\ J$

ב. האנרגיה המושקעת על ידי מקור המתח בהבאת מטען Q להפרש פוטנציאלים V היא:

$E = Q\cdot V$

האנרגיה שהשתחררה בנגד היא ההפרש בין אנרגיה זו והאנרגיה האצורה בקבל:

$$E_R = E - E_C = Q\cdot V - \frac{Q\cdot V}{2} = \frac{Q\cdot V}{2} = \frac{10^{-5}\cdot 1000}{2} = 5\cdot 10^{-3}\ J$$

כמות חום זו לא תלויה בהתנגדות הנגד. התנגדותו קובעת רק את קצב טעינת הקבל.

ג. כמות החום במקרה זה שווה לכל כמות האנרגיה שהיתה אצורה בקבל, היינו $5\cdot 10^{-3}\ J$.

ד. הקיבול של הקבל משתנה מ- $C = \epsilon_0\cdot\frac{A}{d}$ ל- $C' = \epsilon_0\cdot\frac{A}{2d} = \frac{C}{2}$.

זאת אומרת שהקיבול קטן פי שניים.

האנרגיה לפני הרחקת הלוחות היא: $E = \frac{Q^2}{2\cdot C}$

האנרגיה אחרי הרחקת הלוחות היא: $E' = \frac{Q^2}{2\cdot C'} = \frac{Q^2}{C} = 2\cdot E$

לכן האנרגיה העצורה בקבל לאחר הרחקת הלוחות, שהיא גם האנרגיה המשתחררת בנגד בזמן הפירוק, היא:

$E' = 2\cdot E = 2\cdot 5\cdot 10^{-3} = 10^{-2}\ J$

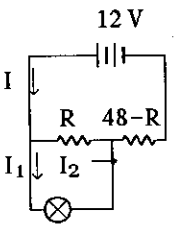
פיתרון מספר 19 - חשמל

א. נמצא קודם כל את התנגדות הנורה בעזרת נתוניה:

$$P = \frac{V^2}{R} \implies R = \frac{V^2}{P} = \frac{4^2}{1} = 16\ \Omega$$

המתח על הנורה הוא 4 V והזרם עליה הוא: $I_1 = \frac{V}{R} = \frac{4}{16} = 0.25\ A$

במעגל ב' זהו גם הזרם הכללי במעגל. במעגל א' שבו הזרם הכללי גדול יותר, מתווסף לזרם זה גם הזרם דרך הנגד המחובר במקביל. נמצא זרם זה.



נצייר את הציור קצת אחרת להקלת ההבנה. מכיוון שזהו נגד משתנה שסך כל התנגדותו 48 Ω, הרי שנגד אחד יהיה R ושני (48−R).

המתח הזה הוא גם המתח על הנגד R ולכן המשוואה לגביו היא:

$$(1) \quad 4 = I_2 \cdot R$$

המתח על הנגד השני הוא ההפרש בין מתח המקור והמתח על הנורה:

$$V = 12 - 4 = 8\ V$$

והזרם דרכו הוא סכום הזרמים דרך הנגד R והנורה:

$$V = I \cdot (48 - R) = (I_1 + I_2) \cdot (48 - R)$$

נציב:

$$(2) \quad 8 = (0.25 + I_2) \cdot (48 - R)$$

נפתח את הסוגריים:

$$8 = 12 - 0.25 \cdot R + 48 \cdot I_2 - R \cdot I_2$$

נציב את משוואה (1):

$$8 = 12 - 0.25 \cdot \left(\frac{4}{I_2}\right) + 48 \cdot I_2 - 4$$

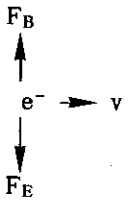
$$I_2^2 = \frac{1}{48} \implies I_2 = 0.1443\ A$$

הזרם I_2 הוא הפרש הזרמים בין שני המעגלים.

ב. במעגל א' אפשר להקטין את הזרם דרך הנורה עד לאפס כי אם מזיזים את המגע לנקודה השמאלית ביותר ההתנגדות של החלק המקביל לנורה היא אפס ולכן גם המתח על הנורה שווה לאפס.

ג. משני הסעיפים הקודמים אנחנו רואים שהיתרון של מעגל א' הוא באפשרות סגירת הנורה עד לאפס, והיתרון של מעגל ב' הוא בצריכת הזרם הנמוכה יותר.

פיתרון 20 - חשמל



א. אם אלומת האלקטרונים נעה ללא סטיה מבטל הכח החשמלי את הכח המגנטי.

$$q \cdot v \cdot B = q \cdot E$$

$$v = \frac{E}{B} = \frac{8000}{3 \cdot 10^{-3}} = 2.667 \cdot 10^6 \ \frac{m}{sec}$$

ב. המתח החשמלי גרם להפיכת אנרגיה פוטנציאלית חשמלית לאנרגיה קינטית:

$$q \cdot V = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$V = \frac{m \cdot v^2}{2 \cdot q} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot (2.667 \cdot 10^6)^2}{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 20.23 \ V$$

ג. אם מבטלים את השדה החשמלי תנוע אלומת האלקטרונים בתנועה מעגלית, כי הם נעים במאונך לשדה מגנטי והכח המגנטי מאונך תמיד לכיוון המהירות.

ד. אם מבטלים את השדה המגנטי תנוע אלומת האלקטרונים במסלול של פרבולה, בדומה לזריקה אופקית מכיוון שבכיוון ההתקדמות הראשוני לא פועל כח ובכיוון מאונך לכיוון ההתקדמות פועל כח קבוע.

פיתרון 21 - שאלון השלמה

המזחלת תיעצר בנקודה A מכיוון שאין השפעה למסה על התאוטה.
הכח השקול הפועל בכל רגע שווה ל-

$$\Sigma F_X = mg \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot mg \cdot \cos(\alpha)$$

(הזווית α יכולה להשתנות לאורך המסלול)
הכח השקול הזה גורם לתאוטה:

$$\Sigma F_X = mg \cdot \sin(\alpha) - \mu \cdot mg \cdot \cos(\alpha) = ma$$

$$a = g \cdot [\sin(\alpha) - \mu \cdot \cos(\alpha)]$$

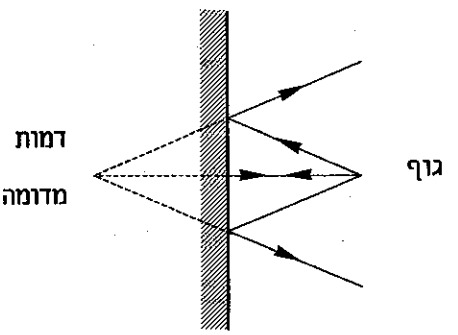
מכיוון שהתאוטה לא תלויה במסה המרחק עד לעצירה יהיה זהה בשני המיקרים.
התשובה הנכונה היא ב'.

פיתרון מספר 22 - שאלון השלמה

הטבעת תידחה ותימשך לסירוגין. הסיבה היא ששינוי השטף המגנטי דרך הסליל גורם ליצירת כ.א.מ. מושרה בטבעת ולכן לזרם בה. כאשר כיוון הזרם בטבעת זהה לכיוון הזרם בסליל יש משיכה בין השניים וכאשר הכיוון הפוך יש דחיה.
מכיוון שהזרם בסליל גדל וקטן עוד לפני שהוא משנה כיוון, כיוון הזרם בטבעת מתחלף ויש לכן משיכה ודחיה.
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

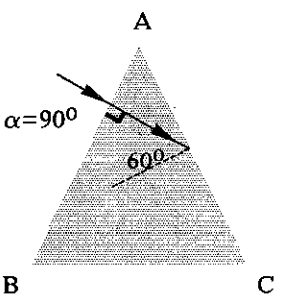
פיתרון מספר 23 - שאלון השלמה

קרני האור היוצאות מן המצח מתפזרות על ידי הפגיעה במראה ונוצרת דמות מדומה שלהן . דמות מדומה זו נראית על ידי העין.



התשובה הנכונה היא תשובה ב'

פיתרון מספר 24 - שאלון השלמה



הנקודה הגבולית היא $\alpha = 90^0$ אז ננתח את הזוויות במקרה זה.
הקרן פוגעת בפיאה $\overline{AB}$ בזווית פגיעה 0^0 וממשיכה ישר.
בפיאה $\overline{AC}$ הקרן פוגעת בזווית של 60^0 כך שזוהי זווית ההחזרה הגמורה.

$$\sin(\alpha_C) = \frac{1}{n} \implies n = \frac{1}{\sin(\alpha_C)}$$

$$n = \frac{1}{\sin(60^0)} = 1.1547 = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

התשובה הנכונה היא תשובה ה'

פיתרון מספר 25 - שאלון השלמה

הציורים מתארים גוש של חומר בעל מקדם שבירה קטן בתוך תווך בעל מקדם שבירה גדול יותר. (למשל גוש אויר בתוך זכוכית). זהו מצב הפוך למצב שאנחנו רגילים של גוש זכוכית בתוך אויר.
נחפש לכן מצב הפוך למצב הרגיל. זהו מקרה ג'. אם היה זה גוש זכוכית באויר זו היתה עדשה מרכזת, לכן במקרה זה זוהי עדשה מפזרת.
התשובה הנכונה היא תשובה ג'

פיתרון מספר 26 - שאלון השלמה

הפרש דרכים לנקודה של התאבכות הורסת הוא מחצית אורך גל. ההתאבכות ההורסת נוצרת בין נקודה סמוכה לקצה הסדק ונקודה במרכז הסדק ולכן הפרש הדרכים $\overline{AB}$ הוא פי שניים גדול יותר.
התשובה הנכונה היא תשובה ג'.

פיתרון מספר 27 - שאלון השלמה

התאבכות הורסת מתרחשת כאשר שני הגלים בהפרש מופע של מחצית אורך גל. בשרטוט שלפנינו מתואר שיא הגל בעזרת הקו השחור כך שנקודת השפל היא בנקודת האמצע בין שני קווים שחורים.
נקודה A - שני הגלים נמצאים בשיא - התאבכות בונה.
נקודה B - הגל הימני בשיא, הגל השמאלי בשפל - התאבכות הורסת.
נקודה C - שני הגלים בשפל - התאבכות בונה.
התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 28 - שאלון השלמה

הקשר בין אנרגיה של פוטון ואורך הגל שלו ניתן בנוסחה: $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

ככל שאורך הגל גדול יותר האנרגיה קטנה יותר (א' ו- ב' מתאימים)
כשאורך הגל שואף לאפס, האנרגיה שואפת לאינסוף (א' בלבד מתאים)
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 29 - שאלון השלמה

שטף אנרגיה של אלומה (Φ_E) הוא המכפלה של מספר הפוטונים באלומה (n) באנרגיה של כל פוטון באלומה (E).

$\Phi_E = n \cdot E$

האנרגיה של פוטון היא: $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ כך שאם אורך הגל של פוטון באלומה a קטן פי 4 מאורך הגל של פוטון באלומה b האנרגיה של פוטון באלומה a גדולה פי 4 מאנרגיה של פוטון באלומה b:

$E_a = 4 \cdot E_b$

הנתון הוא: $\Phi_{E\,(a)} = 2 \cdot \Phi_{E\,(b)}$

נציב את הביטוי לשטף: $n_a \cdot E_a = 2 \cdot n_b \cdot E_b = 2 \cdot n_b \cdot \frac{E_a}{4}$

לכן: $\frac{n_a}{n_b} = \frac{1}{2}$

התשובה הנכונה היא תשובה ב'

פיתרון מספר 30 - שאלון השלמה

א. לא נכון . עוצמת האור לא קשורה לקיום פליטה של אלקטרונים.
ב. נכון.
ג. לא נכון. האנרגיה הקינטית תלויה באנרגיה של הפוטון הפוגע ולא בעוצמת האור.
ד. לא נכון. עוצמת האור היא מספר הפוטונים הפוגעים והיא גורמת להקטנת מספר האלקטרונים המשתחררים.

התשובה הנכונה היא תשובה ב'

פיתרון מספר 31 - שאלון השלמה

מלפני מאה שנה עברו חמש תקופות מחצית חיים. במשך הזמן הזה נשארו $\frac{1}{2^5}$ מהחומר. לכן במקור היו: $3 \cdot 2^5 = 96\ gr$.

התשובה הנכונה היא תשובה ג'

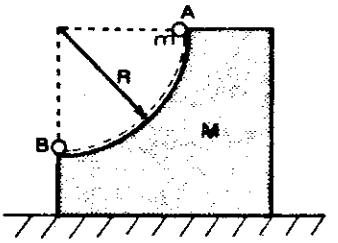
בחינת בגרות ל-14 ו- 5 יחידות 1983

חלק א'

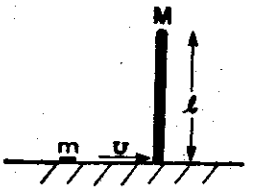
עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים: שאלה אחת מכל פרק.

פרק ראשון - מכניקה של גוף קשיח

1. גליל חלול, שמסתו m=100 גרם ורדיוסו r = 5 סמ, מתגלגל ללא החלקה מנקודה A לנקודה B על גוש-עץ שחתכו מתואר בתרשים. מסת בול-העץ M=450 גרם, והוא מעוצב כך שחתך המדרון המתואר בתרשים הוא רבע מעגל שרדיוסו R = 2 מטר. גוש-העץ מונח על משטח אופקי חלק (בטול חיכוך).
מצא את מהירויות הגליל ובול-העץ, ברגע שהגליל הגיע לנקודה B. (10 נקודות)



2. מוט אחיד וצר, שמסתו M ואורכו ℓ, עומד על גבי שולחן אופקי חלק (בטול חיכוך). מטבע קטנה שמסתה m, אשר מחליקה ימינה על גבי השולחן במהירות v, מתנגשת במוט בתחתיתו התנגשות אלסטית.

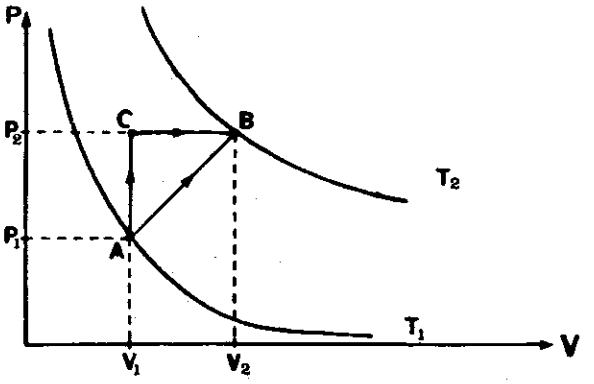


א. אילו גדלים פיסיקליים נשמרים בהתנגשות זו? (3 נקודות)

ב. אם המטבע נשארת במנוחה מייד לאחר ההתנגשות, מהו היחס $\frac{m}{M}$? (7 נקודות)

פרק שני - אנרגית החום (תרמודינמיקה)

3. בתרשים שלפניך נתונות שתי איזותרמות (T_1 ו- T_2) של גז אידיאלי דו-אטומי ($C_v = \frac{5}{2}R$).



מול אחד של הגז, מועבר ממצב A למצב B בשתי דרכים:

א. במסלול $A \rightarrow C \rightarrow B$

ב. במסלול $A \rightarrow B$

נתון כי $P_2 = 2P_1$,

$V_2 = 2V_1$

מהי כמות החום המושקעת בגז בכל אחד משני התהליכים א' וב'? בטא תשובתך במונחי R ו- T_1 בלבד. (5 נקודות עבור סעיף א', 5 נקודות עבור סעיף ב').

4. גוף שמסתו m_1, קיבול החום הסגולי שלו (חום סגולי) הוא C_1, והטמפרטורה שלו T_1 מובא במגע תרמי עם גוף שני שמסתו m_2, קיבול החום הסגולי שלו C_2, והטמפרטורה שלו T_2. שני הגופים מבודדים מסביבתם מבחינה תרמית.

ענה על הסעיפים הבאים:

א. מהן טמפרטורות הגופים, לאחר שהמערכת של שני הגופים הבאים במגע מגיעה לשיווי-משקל? (2 נקודות)

ב. מהו שינוי האנטרופיה של הגוף הראשון? מהו שנוי האנטרופיה של הגוף השני? (3 נקודות)

ג. מצא ביטוי עבור <u>השינוי הכולל</u> באנטרופיה של מערכת שני הגופים, בהנחה ש: $m_1 = m_2$, $C_1 = C_2$.

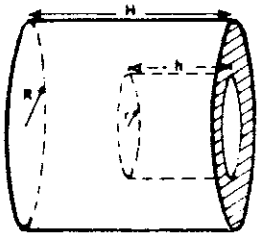
האם האנטרופיה של המערכת גדלה או קטנה ביחס לערכה לפני המגע? הוכח טענתך. (3 נקודות)

ד. האם מסקנתך בסעיף הקודם תשתנה, אם $m_1 \neq m_2$, $C_1 \neq C_2$?

תן הסבר פיסיקלי. (2 נקודות)

פרק שלישי - תורת הנוזלים והגזים

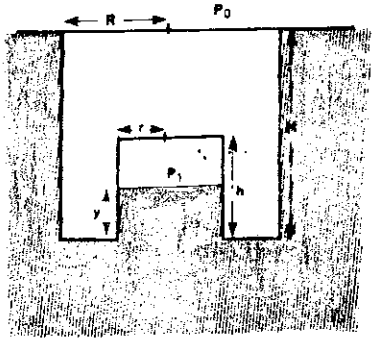
5. בתוך גליל מלא, שרדיוסו R = 50 סיימ וגובהו H = 2R, קדחו חור גלילי שרדיוסו $r = \frac{1}{2}R$, ועומקו $h = \frac{1}{2}H$ (תרשים א').



תרשים א'

טובלים את הגליל החלול כך שפתחו כלפי מטה בתוך כספית, והוא שוקע בחוכה עד שבסיסו העליון מגיע בדיוק לגובה פני הכספית (כל האויר, שלפני טבילת הגליל מילא את החלל בלחץ האטמוספרי P_0 = 75 סיימ כספית, נשאר כלוא בחלל).

במצב זה הגליל שרוי בשיווי משקל, והכספית חודרת לתוך החלל עד לגובה y. (ראה תרשים ב', המתאר חתך של הגליל החלול בתוך הכספית).



תרשים ב'

א. מצא את הלחץ P_1 של האויר הכלוא בתוך החלל הגלילי ואת הגובה y של חדירת הכספית לתוך חלל זה.
הנח כי הטמפרטורה קבועה.
(5 נקודות).

ב. מהי הצפיפות ρ של החומר ממנו עשוי הגליל החלול? (צפיפות הכספית היא $\rho_0 = 13.6 \frac{\text{גר'}}{\text{סמ"ק}}$.
הזנח את מסת האויר הכלוא בגליל החלול)
(5 נקודות)

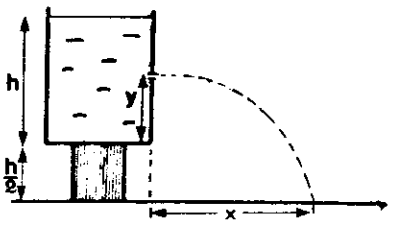
6. א.
שנקלים דלי ריק במאזני קפיץ, והם מורים על הערך W_1. ממלאים את הדלי במים עד שפתו, משקיעים את הדלי המלא בתוך מיכל מים, ושוקלים אותו באותם מאזני קפיץ כשהוא שקוע. המאזניים מורים על הערך W_2.
חוזרים על אותו ניסוי כשהדלי מלא בשמן, ושקוע בתוך מיכל המלא באותו שמן.
המאזניים מורים עתה על הערך W_3.
צפיפות השמן היא $\frac{4}{5}$ מצפיפות המים.
איזה משלושת הערכים - W_1, W_2, W_3 - הוא הגדול ביותר, ואיזה הוא הקטן ביותר?
הסבר את תשובתך. (5 נקודות)

ב.

כלי מלא מים עד לגובה h מתחתיתו, מוצב על כן שגובהו $\frac{h}{2}$ (ראה תרשים).

באיזה גובה y מתחתית הכלי יש לקדוח נקב קטן, על מנת שהמרחק האופקי x מדופן הכלי עד לנקודת הפגיעה של קילוח המים ברצפה, יהיה הגדול ביותר? הנח כי גובה פני הנוזל קבוע. (ברז מים הנמצא מעל לכלי משלים כל הזמן את החסר).

(5 נקודות)

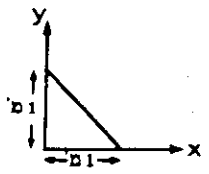


פרק רביעי – תורת היחסות הפרטית

7. נתון משולש ישר-זוית ושווה-שוקיים, שניצבו מקבילים לצירי השעורים. אורך כל אחד מהניצבים הוא 1 מטר. "צופה" חולף על פני המשולש, כשהוא נע בכיוון x+ במהירות v = 0.8c (c – מהירות האור).

א. מה יהיה שטח המשולש במערכת הנעה עם הצופה? (5 נקודות)

ב. צופה אחר חולף על פני המשולש הנייל, כאשר כיוון דרכו מקביל לכיוון היתר של המשולש המקורי. לצופה זה נראה המשולש כשווה-צלעות. מה מהירותו של צופה זה? (5 נקודות)



8. א. מתח חשמלי מאיץ אלקטרון ממצב מנוחה, באופן שהאנרגיה שלו מוכפלת. חשב את המתח החשמלי ואת המהירות שהוא מקנה לאלקטרון. (5 נקודות)

ב. אלקטרון ופוזיטרון (= חלקיק בעל מסה השווה למסת האלקטרון ומטען חיובי השווה בגודלו למטען האלקטרון), אשר כל אחד מהם בעל אנרגיה קינטית של 0.5MeV, נעים זה לקראת זה לאורך קו ישר. הם מתנגשים זה בזה ובהתנגשותם נעלמים שני החלקיקים ונוצרים שני פוטונים.

אחד הפוטונים נפלט בכיוון היוצר זוית $\alpha = 30^\circ$ עם הקו שלאורכו נעו החלקיקים (ראה תרשים).

באיזה כיוון ייפלט הפוטון השני, ומה יהיה אורך הגל שלו?

(5 נקודות)

פרק חמישי - זרם חילופין

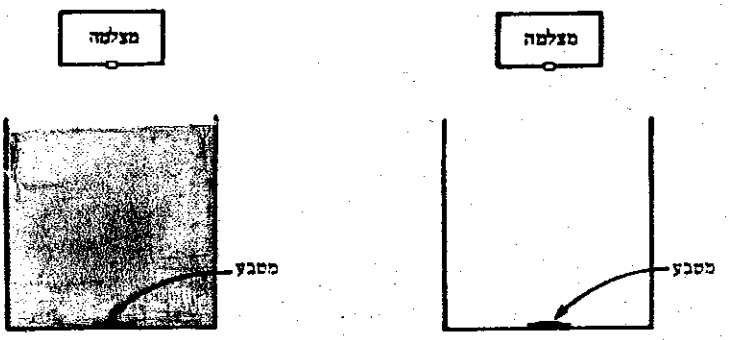
9. סליל לא אידיאלי וקבל שקיבולו 63.7 מיקרופרד, מחוברים בטור אל מקור מתח חילופין, שתדירותו 50 הרץ. מתח המקור 10 וולט. מודדים את המתחים על הקבל ועל הסליל, ומוצאים כי כל אחד מהם שווה ל- 13 וולט. חשב את:
   א. עוצמת הזרם במעגל. (3 נקודות)
   ב. הפרש המופע בין המתח על הסליל והזרם דרכו, וכן את הפרש המופע בין מתח המקור והזרם. (4 נקודות)
   ג. התנגדות הסליל והשראתו. (3 נקודות)

10. מחברים סליל לא אידיאלי אל מקור חילופין בעל מתח של 15 וולט ותדירות הניתנת לשינוי. מתברר כי בתדירות של 50 הרץ, זורם דרך הסליל זרם של 2 אמפר. מחברים אל הסליל קבל בטור, ומשנים את התדירות של המקור, עד אשר המתח על הקבל הוא מקסימלי ושווה ל- 45 וולט - דבר זה קורה בתדירות של 200 הרץ.
   א. איזה מתח יימדד על הסליל במצב זה? (בתדירות של 200 הרץ) (5 נקודות)
   ב. מה התנגדות הסליל, ומה השראתו? (5 נקודות)

פרק שישי - תורת האור והגלים

11. א.

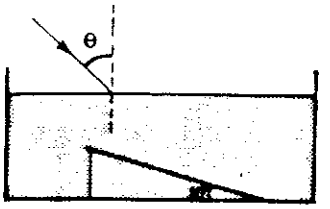
מטבע מונח על תחתית דלי ריק. מצלמים את המטבע בעזרת מצלמה המוצבת בגובה מסוים מעל לדלי (תרשים א').
לאחר מכן ממלאים את הדלי במים, ומצלמים שוב את המטבע, כאשר המצלמה מוצבת באותו מקום (תרשים ב').



תרשים א' תרשים ב'

שתי התמונות המתקבלות הן חדות. האם גודל תמונת המטבע המתקבלת יהיה זהה בשני המקרים?
הסבר תשובתך (רצוי בעזרת תרשים מתאים). (5 נקודות)

ב. מראה מישורית מונחת על קרקעית כלי רחב, המלא בנוזל שמקדם השבירה שלו $N = \frac{4}{3}$. מישור המראה יוצר זוית של 10° עם תחתית הכלי. אלומה צרה של אור פוגעת בפני הנוזל בזוית θ. (ראה תרשים)



חשב את הערך המקסימלי של הזוית , שעבורו תצא אלומת האור מן הנוזל לאחר החזרתה מן המראה. (5 נקודות)

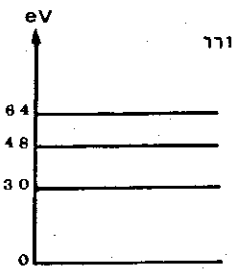
12. לוח עבה מזכוכית, שמקדם השבירה שלה הוא 1.5, מצופה בשכבה דקה של חומר שקוף, בעל מקדם שבירה 2.5. אור מונוכרומטי בעל אורך גל 6000 אנגסטרם באויר, פוגע במאונך בשכבה זו (ראה תרשים).

א. חשב את התדירות ואת אורך הגל של האור הנ"ל בעוברו בתוך
(1) שכבת הציפוי הדקה;
(2) לוח הזכוכית. (5 נקודות)

ב. מהו העובי (המינימלי) של השכבה הדקה, אם עוצמת האור המועבר לתוך הזכוכית היא מינימלית? נמק! (5 נקודות)

פרק שביעי - פיסיקה מודרנית

13. לפניך תרשים של חלק מרמות האנרגיה של אטומי גז מסוים. נתון כי ספקטרום האור הנראה הוא בתחום שבין 4000Å ו- 7000Å.



א. אילו קווים ספקטרליים בתחום הנראה יתקבלו מאטום מעורר של גז זה?
אפיין את הקווים באמצעות אורך הגל. (4 נקודות)

ב. האור הנפלט מהאטומים המעוררים של הגז עובר דרך מסנן (פילטר), המעביר אך ורק אור בתחום הנראה. אור מסונן זה פוגע בתא פוטואלקטרי, שהקתודה בו עשויה מחומר שאנרגיית היינון (פונקציית העבודה) שלו 2.2eV. מהו המתח הדרוש כדי לעצור את האלקטרונים הנפלטים מהקתודה? (4 נקודות)

ג. מעבירים אלומת אור לבן נראה דרך גז זה, הנמצא במצב היסוד, ובודקים בספקטרומטר את הרכב האור העובר.
אילו קוי בליעה יופיעו בספקטרום הזה? (2 נקודות)

14. בשפופרת ליצירת קרני X, אלקטרונים פוגעים באלקטרודה מתכתית לאחר שהואצו במתח חשמלי של 2500 וולט.

א. מהו אורך הגל המינימלי של קרני X הנפלטות משפופרת זו? (15 נקודות)

ב. מדוע קיים אורך גל מינימלי לקרני-X הנ"ל? (10 נקודות)

ג. איזו אנרגיה קינטית צריכה להיות לאלקטרונים, כדי שאורך הגל שלהם יהיה שווה לאורך הגל של קרני X הנ"ל? (25 נקודות)

פרק שמיני - פיסיקה בשרות האיבחון הרפואי

15. מעוניינים לבדוק אם בכלי דם מסוים יש היצרות. לצורך כך מזריקים לכלי הדם חומר המכיל יוד (Hypaque), ומבצעים צילום רנטגן של האזור.

א. מהו תפקידו של החומר המוזרק לכלי הדם בבדיקה זו? (10 נקודות)

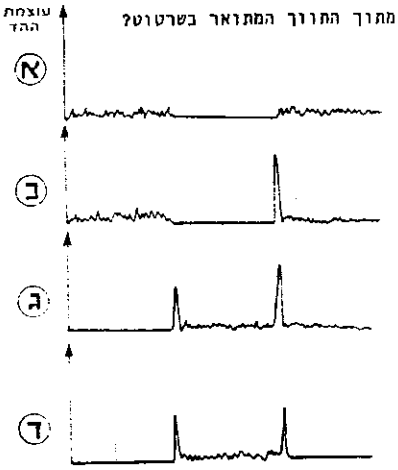
ב. באיזו אנרגיה ממוצעת של קרינת X יש לבצע את הצילום, כדי לקבל תמונה בעלת האיכות הטובה ביותר? נמק. (20 נקודות)

ג. הנח כי עוביו של כלי הדם הוא 2 מ"מ, והוא נמצא בתוך רקמת שריר. הערך את הניגודיות של תמונת כלי הדם בצילום רנטגן כזה. (20 נקודות)

16. א. הסבר בקצרה את עיקרון ההדמיה בעזרת גלים על-קוליים.

ב. כדי לגלות קיומו של גוף זר בתוך רקמה אחידה, התנאי הוא שעוצמת ההד המוחזר מגוף זה תהיה לפחות 20% מעוצמת הגל הפוגע.
האם ניתן, בעזרת שיטה זו, לגלות שביב אלומינירום שחדר לתוך העין? (הנח כי התכונות האקוסטיות של רקמות העין זהות לאלה של מים).

ג. איזו מבין תמונות ההד הבאות מתקבלת מתוך התווך המתואר בשרטוט?



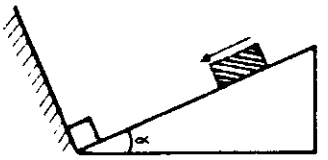
תמונות ההד

התווך

חלק ב' – מכניקה

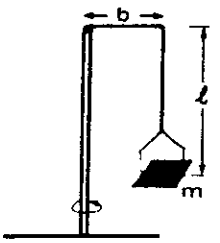
עליך לענות על שתים מתוך שלוש השאלות 19–17

17. גוף מחליק, ממצב של מנוחה, במורד מדרון שזוית שיפועו היא α.
בהגיעו לתחתית המדרון, הוא מתנגש אלסטית בקיר הנטוי בזוית 90° למדרון (ראה תרשים) ועולה שוב.
מהו היחס בין זמן הירידה לזמן העלייה (מרגע ההתנגשות ועד לרגע העצירה) ?



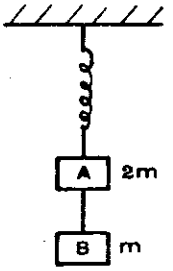
א. כאשר המדרון חלק. (5 נקודות)
ב. כאשר מקדם החיכוך בין הגוף למדרון הוא μ. (7 נקודות)
ג. הראה כי התשובה בסעיף א' היא מקרה פרטי של התשובה בסעיף ב'. (3 נקודות)

18. להלן תיאור מבנה של סחרחרה (קרוסלה):
מקצהו העליון של עמוד זקוף, הניתן לסיבוב סביב צירו, יוצאות זרועות אופקיות באורך b = 1.4 מ'. בקצה כל זרוע קשור חבל שאורכו ℓ = 2.0 מ', ובקצהו כסא שמסתו m = 5 ק"ג. (ראה תרשים).



א. חשב את התדירות המירבית בה אפשר לסובב את הסחרחרה, מבלי שהכסאות המסתובבים יתרחקו מרחק העולה על 3.0 מ' מציר הסיבוב (העמוד). (7 נקודות)
ב. מה תהיה המתיחות בחבל הנ"ל, אם בכסא ישב נער שמסתו M = 55 ק"ג והסחרחרה סובבת בתדירות שחישבת בסעיף א'? (4 נקודות)
ג. הנער הישב בכסא מחזיק בידו כדור קטן, והסחרחרה מסתובבת בתדירות שחישבת בסעיף א'. ברגע מסוים, עוזב הנער את הכדור, וזה פוגע בקרקע כעבור 0.5 שנייה. מהו המרחק של נקודת הפגיעה מציר הסיבוב (העמוד הזקוף)? (4 נקודות)

19. קפיץ מחובר אל התקרה ועליו תלוי גוף A שמסתו 2m. אל הגוף A מחובר בחוט (שמסתו זניחה) גוף B שמסתו m. כשהמערכת במנוחה, התארכותו של הקפיץ (התוספת לאורכו של הקפיץ החופשי) היא d.
ברגע מסוים ניתק החוט, והגוף B נופל.



א. מהי משרעת (אמפליטודה) התנודות של הגוף A? (4 נקודות)

ב. מהו זמן המחזור של התנודות? (4 נקודות)

ג. מהי המהירות המירבית של הגוף A בעת תנודותיו? (4 נקודות)

ד. מהו הכוח השקול המירבי הפועל על הגוף A? (3 נקודות)

חלק ג' - חשמל

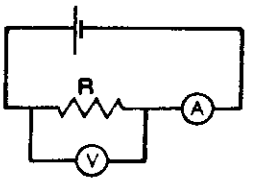
עליך לענות על שתים מתוך שלוש השאלות 22-20

20. מכשיר למדידת זרם מראה סטייה מירבית של מחוגו, כאשר הזרם העובר דרכו הוא 1 מיליאמפר. ההתנגדות הפנימית של המכשיר היא r = 5 אום.

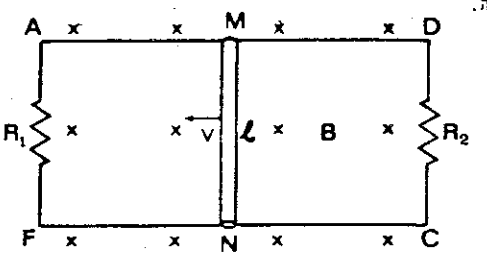
א. מה יש לעשות כדי להפוך את המכשיר למד-זרם, המסוגל למדוד זרמים עד 5 מיליאמפר? נמק תשובתך בעזרת חישוב מתאים. (4 נקודות)

ב. מה יש לעשות כדי להפוך את המכשיר למד-מתח, המסוגל למדוד מתחים עד 5 וולט? נמק תשובתך בעזרת חישוב מתאים. (4 נקודות)

ג. לאחר שהופכים שני מכשירים מהסוג הנ"ל, אחד למד-זרם בעל תחום מדידה עד 5 מיליאמפר, והשני למד-מתח בעל תחום מדידה עד 5 וולט, מחברים אותם במעגל כמתואר בתרשים, המכשירים מראים I = 2 מיליאמפר, V = 5 וולט.
מהי, לפיכך, התנגדות הנגד R? (7 נקודות)

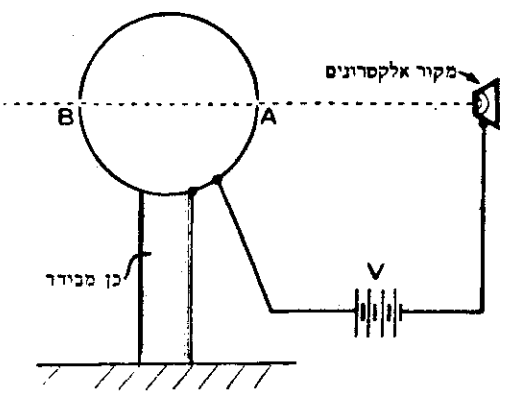


21. הצלעות AF ו CD של כריכה מלבנית מוליכה הן בעלות התנגדויות R_1 ו- R_2 בהתאמה, והצלעות AD ו FC הן מוליכים חסרי-התנגדות.
הכריכה נמצאת בשדה מגנטי אחיד B, הנכנס במאונך למישור הכריכה.
מוט מוליך MN, בעל אורך ℓ וחסר-התנגדות, יכול לנוע ללא חיכוך על פני המוליכים AD ו FC. המוט MN נע במהירות קבועה v שמאלה (ראה תרשים).
נתון כי $R_1 = 3$ אום, $R_2 = 6$ אום, $\ell = 10$ סיימ, $B = 10^{-3}$ טסלה, $v = 10 \frac{\text{מטר}}{\text{שניה}}$.



א. מהו הכא"מ המושרה המתפתח בין הנקודות M ו- N? (2 נקודות)
ב. מהי עוצמת הזרם דרך כל אחד משני הנגדים? ציין בכל מקרה את כיוון הזרם.
ג. כאשר המוט MN נמצא בתנועה הנ"ל, מהי כמות החום המשתחררת בכל שניה בנגדים R_1 ו- R_2? (2 נקודות)
ד. האם יש להפעיל כוח כלשהו על המוט MN, כדי שינוע במהירות קבועה v?
אם כן - מה גודלו של כוח זה?
אם לא - נמק. (5 נקודות).
ה. האם פועלים כוחות אלקטרומגנטיים על קטעי המוליך MD ו- MA, כאשר המוט MN נע שמאלה? אם כן, מהם הכיוונים של כוחות אלה? אם לא, נמק! (3 נקודות)

22. בניסוי לכיול של מכשיר למדידת מהירות אלקטרונים, השתמשו במתקן הבא, שהוכנס כולו לריק:
בכדור מתכת חלול, העומד על כן מבוֹדֵד, ורדיוסו 3 סיימ, נקדחו שני נקבים קטנים A ו- B בשני קצוותיו של קוטר. מקור אלקטרונים (חוט להט), ממנו נפלטים אלקטרונים במהירות זניחה, חובר להדק השלילי של מקור מתח V. ההדק החיובי של מקור המתח חובר לכדור המתכת. מקור האלקטרונים מכוון באופן שהאלקטרונים נעים ממנו בקו ישר אל הנקב A, נעים בחלל הכדור, ויוצאים דרך הנקב B.
א. תאר במלים את תנועת האלקטרונים מרגע עזיבתם את המקור ועד צאתם דרך הנקב B (מהירות קבועה, מהירות משתנית, תאוצה קבועה, תאוצה משתנית). (5 נקודות)

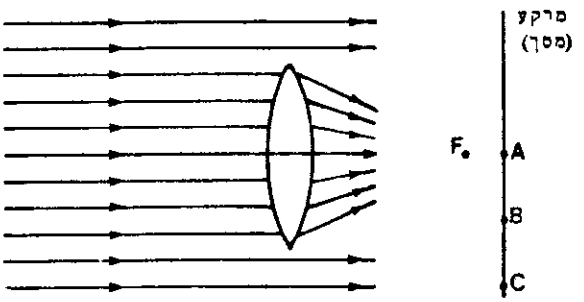


ב. באיזו מהירות מגיע אלקטרון לנקב A, ובאיזו מהירות הוא יוצא מהנקב B, כאשר מתח המקור V הוא 100 וולט? (7 נקודות)
ג. כמה זמן נמשכת אז התנועה מהנקב A לנקב B? (3 נקודות)

חלק ד' - שאלון השלמה

עליך לענות על עשר מתוך שתים עשרה השאלות 34 - 23

.23 התרשים שלפניך מתאר, בקנה-מידה מדויק, חתך של עדשה מרכזת המוצבת בדרכה של אלומה מקבילה של אור. בסמוך למוקד העדשה F מוצב מרקע (מסך), אף הוא ניצב לאלומה.



על המסך מסומנות 3 נקודות: A, B ו- C. באיזו נקודה מבין השלוש עוצמת האור היא החזקה ביותר, ובאיזו נקודה היא החלשה ביותר?

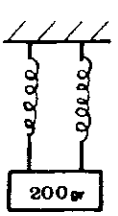
א. ב- A החזקה ביותר; ב- C החלשה ביותר

ב. ב- A " " ; ב- B " "

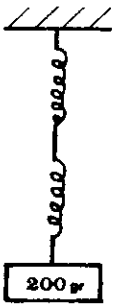
ג. ב- A ו- C חזקה באותה מידה; ב- B החלשה ביותר

ד. עוצמת האור שווה בכל שלוש הנקודות.

.24 גוף שמסתו 200 גרם תלוי על שני קפיצים זהים כמתואר בתרשים 1. כתוצאה מכך מתארך כל אחד מהקפיצים ב-1 ס"מ.
מה תהיה התארכותו של כל אחד מהקפיצים אם התלייה תתבצע בצורה המתוארת בתרשים 2?



תרשים 1



תרשים 2

א. 0.5 סיימ

ב. 1 סיימ

ג. 2 סיימ

ד. 4 סיימ

.25 בניסוי להדגמת האפקט הפוטו-אלקטרי, מקור האור המונוכרומטי הוא מקור-אור נקודתי, הניצב במרחק d מהתא הפוטואלקטרי, והמתח הדרוש לבלימת האלקטרונים הנפלטים הוא V. לאחר שמרחיקים את מקור האור למרחק 2d מהתא הפוטואלקטרי, יהיה המתח הבולם (זאת אומרת - המתח המוריד את הזרם במעגל לאפס):

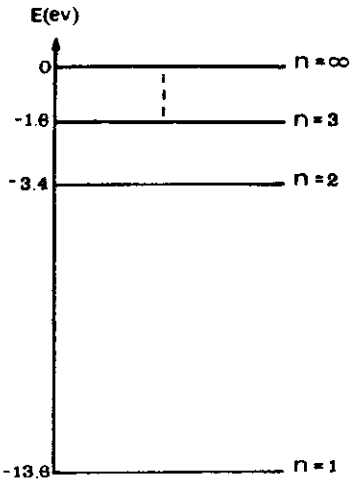
א. 2V

ב. V

ג. $\frac{1}{2}$ V

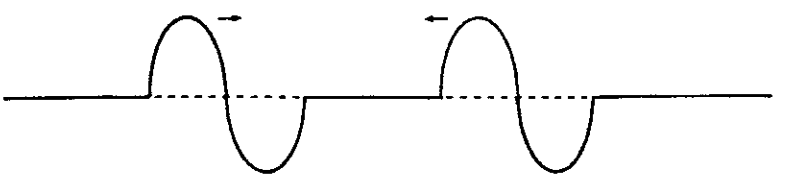
ד. $\frac{1}{4}$ V

.26 בתרשים שלפניך מתוארות כמה רמות אנרגיה של אטום מימן.
אלקטרון בעל אנרגיה
קינטית E_k מתנגש
באטום כזה הנמצא
ברמת היסוד (n=1) וממשיך
בתנועתו עם אנרגיה
קינטית E'_k.
איזה זוג ערכים
(E_k, E'_k) מבין
הרשומים להלו
ייתכנו?

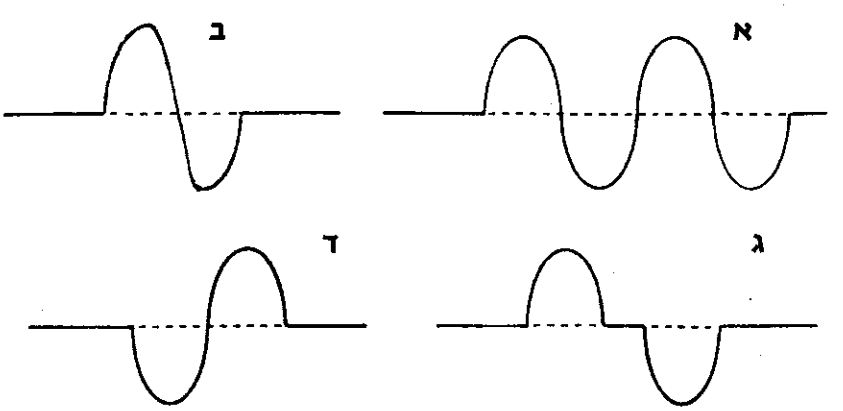


	E_k	E'_k
א.	15.6	5.4
ב.	3.4	1.6
ג.	10.2	1.8
ד.	3.4	13.6

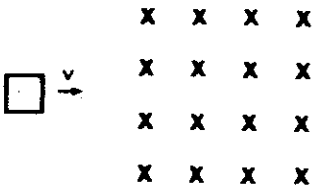
.27 לפניך תיאור של שני זעזועים הנעים זה לקראת זה בחבל מתוח.



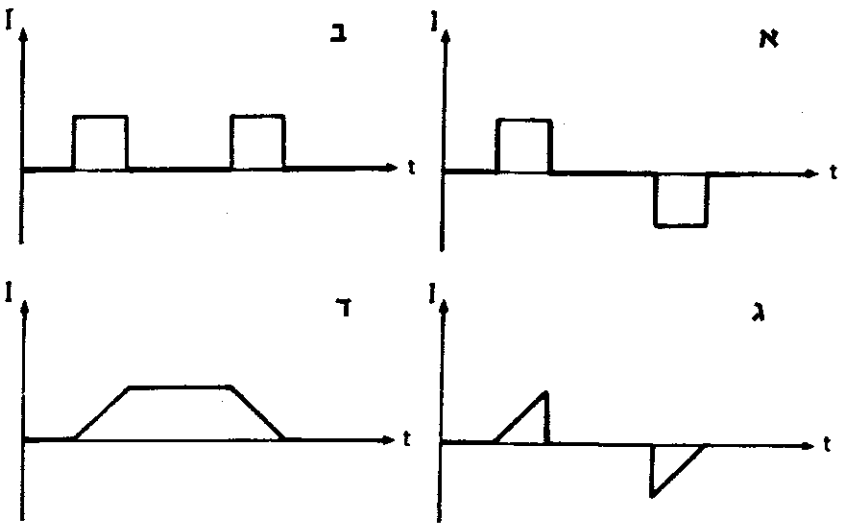
התרשימים שלהלן מתארים את החבל בזמנים שונים. איזה מביניהם מתאר מצב שאינו אפשרי?



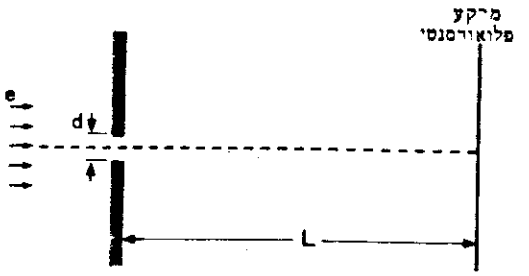
28. בתרשים הבא מתוארת מסגרת ריבועית, העשויה חומר מוליך והנעה במהירות קבועה v דרך אזור בו שורר שדה מגנטי אחיד הניצב למישור במסגרת.



איזה מבין הגרפים הבאים מתאר בצורה נכונה את עוצמת הזרם I במסגרת, כפונקציה של הזמן t?



29. אלומת אלקטרונים שהתנע שלהם הוא p, נעה ימינה. בדרכה היא עוברת דרך פתח צר שרוחבו d. במרחק L מהסדק ובמקביל לו נמצא מרקע (מסך) פלואורסנטי $L >> \lambda$ (ראה תרשים). מהו המרחק בין נקודות מינימום העוצמה שמשני צידי המקסימום המרכזי של תבנית העקיפה המתקבלת על המרקע? (h הוא קבוע פלנק)



א. d

ב. $\frac{2hL}{pd}$

ג. $\frac{2hd}{pL}$

ד. $\frac{2h}{p}$

30. בניסוי שנערך ב-m גרמים של חומר רדיואקטיבי, שהטמפרטורה שלו T מעלות קלוין, מצאו שזמן מחצית החיים של החומר הוא t שניות. מה יהיה זמן מחצית החיים של אותו חומר רדיואקטיבי, אם יערכו את הניסוי עם 2m גרמים של החומר, בטמפרטורה 2T מעלות קלוין?

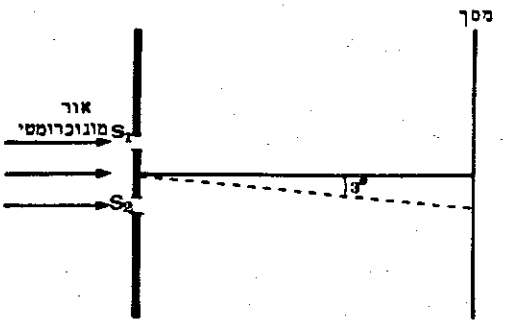
א. 4t

ב. 2t

ג. t

ד. ½t

31. S_1 ו- S_2 הם שני סדקים קרובים מאוד זה לזה. אלומה מקבילה של אור אדום באורך גל של 6000Å עוברת דרך הסדקים, ועל מסך רחוק נוצרת תבנית התאבכות (ראה חרשים).



נקרא למקסימום העוצמה המרכזי: n = 0

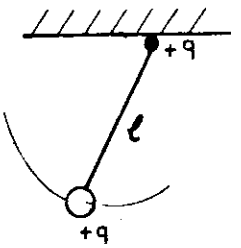
למקסימום הראשון שלידו: n = 1

למקסימום השני: n = 2, וכו'

מחברר כי בזוית של 3° עם האנך לקטע המחבר את הסדקים נוצר המקסימום הראשון (n=1) של תבנית ההתאבכות. מחליפים את מקור האור במקור אחר, הפולט אלומת אור סגול באורך גל של 4000Å. כתוצאה מכך מתקבל בזוית הנ"ל:

1. המקסימום הראשון של תבנית ההתאבכות
2. המינימום " " " "
3. המקסימום השני " " "
4. המינימום " " " "

32. בקצהו של חוט שאורכו ℓ תלוי כדור מתכת שמסתו m. הכדור טעון במטען +q.
גם בנקודת התלייה של החוט קבוע מטען חשמלי +q.
זמן המחזור של המטוטלת, כשהיא מבצעת תנודות קטנות הוא:



א. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g-\dfrac{kq^2}{m\ell^2}}}$

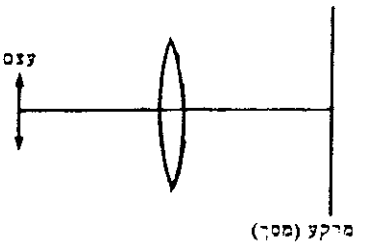
ב. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}}$

ג. $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g+\dfrac{kq^2}{m\ell^2}}}$

ד. $T = 2\pi\sqrt{\ell\left(\dfrac{1}{g}+\dfrac{m\ell^2}{kq^2}\right)}$

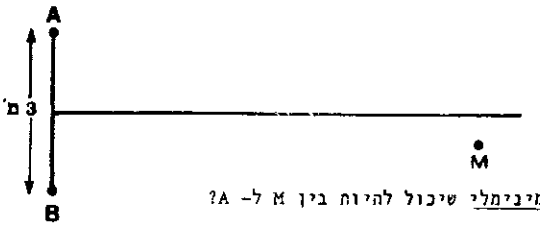
$\left(k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right.$; הזנח את מסת החוט$\left.\right)$

33. עצם מואר ניצב לפני עדשה מרכזת, והתמונה החדה מתקבלת בעוצמה מסוימת על מרקע (מסך) הניצב מצידה השני של העדשה (ראה תרשים).
עתה משחירים את חציה התחתון של העדשה, כך שאור אינו עובר דרכו. כתוצאה מכך המתקבל על המרקע:



א. תמונה של העצם כולו, ובאותה עוצמה.
ב. תמונה של העצם כולו בעוצמה פחותה.
ג. תמונה של חציו העליון על העצם.
ד. תמונה של חציו התחתון של העצם.

34. בתרשים שלפניך A ו- B מייצגים שני רמקולים זעירים, המרוחקים זה מזה מרחק של 3 מטר. שני הרמקולים מחוברים לאותו מחולל (מקור חשמלי) ופולטים גלי קול באורך גל של 2 מטר, לכל הכיוונים. מהירות הקול היא 300 $\frac{\text{מטר}}{\text{שניה}}$.
בודקים באמצעות מיקרופון זעיר ונייד את עוצמת הקול בנקודות שונות, ומוצאים כי בנקודה M, שמרחקה מ- B הוא 8 מטר, העוצמה מקסימלית. (ראה תרשים)



מהו המרחק המינימלי שיכול להיות בין M ל- A?

א. 4 מטר
ב. 7 מטר
ג. 9 מטר
ד. 10 מטר

בהצלחה!

תשובות סופיות - שאלון 1983

.1 $v = 3.789\ \frac{m}{sec}$; $U = -0.842\ \frac{m}{sec}$

.2 ב. $\frac{m}{M} = \frac{1}{4}$

.3 א. $\Delta Q = 9.5 \cdot R \cdot T_1$, ב. $\Delta Q = 9 \cdot R \cdot T_1$

.4 א. $T = \frac{m_1 \cdot c_1 \cdot T_1 + m_2 \cdot c_2 \cdot T_2}{m_1 \cdot c_1 + m_2 \cdot c_2}$ ב. $\Delta S_1 = m_1 \cdot c_1 \cdot \ln\left(\frac{T}{T_1}\right)$

$\Delta S_2 = m_1 \cdot c_1 \cdot \ln\left(\frac{T}{T_2}\right)$ ג. $\Delta S = m \cdot c \cdot \ln\left(\frac{(T_1 + T_2)^2}{4 \cdot T_1 \cdot T_2}\right)$

.5 א. $y = 25\ cm$; $P_1 = 150\ cm\ Hg$ ב. $\rho = 14.57\ \frac{gr}{cm^3}$

.6 ב. $y = \frac{h}{4}$

.7 א. $S = 0.3\ m^2$ ב. $v = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot c$

.8 א. $V = 0.5 \cdot 10^6\ V$; $v = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot c$ ב. $\lambda = 1.2 \cdot 10^{-2}\ Å$

.9 א. $I_{eff} = 0.26\ A$ ב. $\phi_L = 44^o44'$; $\phi = -22^o37'$

ג. $L = 0.112\ H$; $R = 35.5\ \Omega$

.11 ב. $\theta = 39^o38'$

.12 א. $\nu = 5 \cdot 10^{14}\ Hz$; λ זכוכית $= 6000\ Å$; λ ציפוי $= 2400\ Å$

ב. $d = 600\ Å$

.13 א. $\lambda_2 = 4144\ Å$; $\lambda_1 = 6906\ Å$ ב. $V = 0.8\ V$ ג. $4144\ Å$

.14 א. $\lambda_{min} = 4.97\ Å$ ג. $E_K = 6.1\ eV$

.15 ב. $E = 35{,}000\ eV$ ג. $R = -0.9$

.16 א. ניתן מכיוון ש- $R > 0.2$ ב. ג'

.17 א. 1:1 ב. $\frac{t_{\text{ירידה}}}{t_{\text{עליה}}} = \frac{\sin(\alpha) + \mu\cdot\cos(\alpha)}{\sin(\alpha) - \mu\cdot\cos(\alpha)}$

.18 א. $f = 0.3355\ Hz$ ב. $T = 1000\ N$ ג. $D = 4.36\ m$

.19 א. $A = \frac{d}{3}$ ב. $T = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{2d}{3g}}$ ג. $v_{max} = \sqrt{\frac{gd}{6}}$ ד. $F_{max} = mg$

.20 א. $R_S = 1.25\ \Omega$ ב. $R_S = 4995\ \Omega$ ג. $R = 5000\ \Omega$

.21 א. $\epsilon = 10^{-3}\ V$ ב. $I_1 = 3.33\cdot10^{-4}\ A\ ;\ I_2 = 1.67\cdot10^{-4}\ A$

ג. $P_1 = 3.3\cdot10^{-7}\ W\ ;\ P_2 = 1.67\cdot10^{-7}\ W$ ד. $F = 5\cdot10^{-8}\ N$

ה. בתיל $\overline{MD}$ מ- D ל- M . בתיל $\overline{MA}$ מ- A ל- M.

.22 ב. $v = 5.93\cdot10^{6}\ \frac{m}{sec}$ ג. $t = 1.01\cdot10^{-8}\ sec$

.23 ב'

.24 ג'

.25 ב'

.26 א'

.27 ד'

.28 א'

.29 ב'

.30 ג'

.31 4

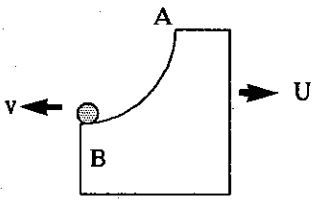
.32 ב'

.33 ב'

.34 ד'

פיתרון מספר 1 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

כתוצאה מירידת הגליל מתחיל גם גוש העץ לנוע. הקשר בין השניים ניתן בחוק שימור התנע.



$$m \cdot v + M \cdot U = 0$$

את המהירות v נמצא בעזרת חוק שימור האנרגיה. האנרגיה לפני תחילת התנועה היא רק אנרגיה פוטנציאלית של הגליל, ובסוף היא אנרגיה קינטית וסיבובית של הגליל ואנרגיה קינטית של גוש העץ.

הפרש הגובה בין הנקודה A לנקודה B, אם לוקחים בחשבון גם את הרדיוס r של הגליל, הוא: $R - r$.

$$\underbrace{m \cdot (R-r)}_{\text{האנרגיה ב- A}} = \underbrace{\frac{1}{2} \cdot M \cdot U^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2}_{\text{האנרגיה ב- B}}$$

מומנט ההתמד של גליל חלול הוא: $I = m \cdot r^2$

בגלגול ללא החלקה הקשר בין המהירות הקווית והזוויתית הוא: $v = \omega r$
אבל, במקרה שלנו הגלגול ללא החלקה הוא לא ביחס למהירות של הגליל v, אלא ביחס למהירות היחסית בין הגליל וגוש העץ $v-U$.
לכן:

$$mg \cdot (R - r) = \frac{1}{2} \cdot M \cdot U^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot (m \cdot r^2) \cdot \left(\frac{v - U}{r}\right)^2$$

נפתח את הסוגריים:

$$mg \cdot (R - r) = \frac{1}{2} \cdot M \cdot U^2 + m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot U^2 - m \cdot v \cdot U$$

$$mg \cdot (R - r) = \frac{1}{2} \cdot (m + M) \cdot U^2 + m \cdot v \cdot (v - U)$$

נשתמש בנתון מחוק שימור התנע:

$$mg \cdot (R - r) = \frac{1}{2} \cdot (m + M) \cdot \left(\frac{-m}{M} \cdot v\right)^2 + mv \cdot \left(v + \frac{m}{M} \cdot v\right)$$

$$mg \cdot (R - r) = mv^2 \cdot \left(\frac{m \cdot (m + M)}{2 \cdot M^2} + 1 + \frac{m}{M}\right)$$

$$v = \sqrt{\frac{g \cdot (R - r) \cdot 2 \cdot M^2}{m^2 + 3 \cdot M \cdot m + 2 \cdot M^2}}$$

$$v = \sqrt{\frac{10\cdot(2-0.05)\cdot 2\cdot 0.45^2}{0.1^2+3\cdot 0.1\cdot 0.45+2\cdot 0.45^2}} = 3.789\ \frac{m}{sec}$$

$$U = -\frac{m}{M}\cdot v = -\frac{0.1}{0.45}\cdot 3.789 = -0.842\ \frac{m}{sec}$$

פיתרון מספר 2 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. מכיוון שלא פועלים כוחות חיצוניים נשמר התנע הקווי הכללי.
מכיוון שלא פועלים כוחות חיצוניים נשמרת האנרגיה הכללית.
מכיוון שלא פועלים מומנטים חיצוניים נשמר התנע הזוויתי הכללי.

ב. נשתמש בשלושת חוקי השימור שציינו.
חוק שימור התנע הקווי הוא ביחס למהירות הקווית U של מרכז המסה של הסרגל. $m\cdot v = m\cdot 0 + M\cdot U$

$$(1)\quad m\cdot v = M\cdot U$$

שימור התנע הזוויתי, ביחס למרכז הסרגל, הוא: $m\cdot v\cdot\frac{L}{2} = I\cdot\omega$

כאשר מומנט ההתמד של הסרגל הוא: $I = \frac{M\cdot L^2}{12}$

מכאן: $(2)\quad \frac{m\cdot v}{2} = \frac{M\cdot L}{12}\cdot\omega$

שימור האנרגיה הוא: $\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot M\cdot U^2 + \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2$

$$(3)\quad m\cdot v^2 = M\cdot U^2 + \frac{M\cdot L^2}{12}\cdot\omega^2$$

יש לנו שלוש משוואות בארבעה נעלמים: ω, U, M, m נמצא מהן את היחס $\frac{m}{M}$.

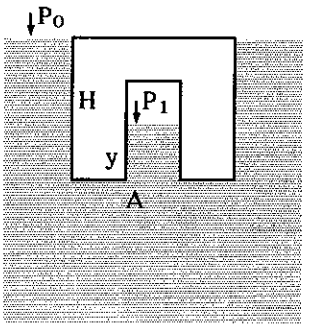
נציב את (1) ב- (3): $m\cdot v^2 = M\cdot\frac{m^2}{M^2}\cdot v^2 + \frac{M\cdot L^2}{12}\cdot\omega^2$

נציב את (2) ב-(3): $m\cdot v^2 = M\cdot\frac{m^2}{M^2}\cdot v^2 + \frac{M\cdot L^2}{12}\cdot\left(\frac{6\cdot m\cdot v}{M\cdot L}\right)^2$

נצמצם את mv^2: $1 = \frac{m}{M} + \frac{3m}{M}$

לכן: $\frac{m}{M} = \frac{1}{4}$

פיתרון מספר 5 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים



א. נסתכל על נקודה בתחתית הגליל (נקודה A). מצד אחד פועל עליה לחץ מן האויר הכלוא P_1 ולחץ הדרוסטטי של עמוד כספית בגובה y, ומצד שני פועל עליה הלחץ החיצוני P_0 ולחץ עמוד כספית בגובה H. נפתור את השאלה ביחידות של סנטימטר כספית כך שגובה עמוד כספית מצייו לחץ.
המשוואה שתיארנו היא:

$$P_1 + y = P_0 + H$$

$$(1) \quad P_1 + y = 75 + 100 = 175 \text{ cm Hg}$$

בעזרת חוק בויל נקשר בין שני המצבים של האויר הכלוא בגליל:

$$P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot V_1$$

$$75 \cdot S \cdot h = P_1 \cdot S \cdot (h-y) \implies 75 \cdot 50 = P_1 \cdot (50 - y)$$

$$(2) \quad 3750 = P_1 \cdot (50 - y)$$

נציב את משוואה (1) ב- (2): $3750 = (175 - y) \cdot (50 - y)$

נמצא שני פתרונות ל- y: $y = 200 \text{ cm} ; 25 \text{ cm}$

הפיתרון הראשון לא הגיוני, כמובן, ולכן התשובה היא: $y = 25 \text{ cm}$

$$P_1 = 175 - y = 175 - 25 = 150 \text{ cm Hg}$$

ב. על פי חוק הציפה משקל הגוף שווה למשקל הנוזל שנדחה.

נפח הנוזל שנדחה הוא: $V' = \pi \cdot R^2 \cdot H - \pi \cdot r^2 \cdot y$

משקל הנוזל שנדחה הוא: $W' = \rho_0 \cdot V' = \rho_0 \cdot (\pi \cdot R^2 \cdot H - \pi \cdot r^2 \cdot y)$

נפח הגוף הוא: $V = \pi \cdot R^2 \cdot H - \pi \cdot r^2 \cdot h$

משקל הגוף הוא: $W = \rho \cdot V = \rho \cdot (\pi \cdot R^2 \cdot H - \pi \cdot r^2 \cdot h)$

$$\rho_0 \cdot (\pi \cdot R^2 \cdot H - \pi \cdot r^2 \cdot y) = \rho \cdot (\pi \cdot R^2 \cdot H - \pi \cdot r^2 \cdot h)$$

נציב $R = 2r$ ונצמצם ב- R^2.

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{4 \cdot H - y}{4 \cdot H - h} = \rho_0 \cdot \frac{4 \cdot 100 - 25}{4 \cdot 100 - 50} = 14.57 \ \frac{gr}{cm^3}$$

פיתרון מספר 6 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. חוק ארכימדס קובע שגוף מאבד ממשקלו במשקל הנוזל שנדחה.
בכל שלושת הנסיונות הדחיה היא של נפח החומר של הדלי עצמו כי מה שנמצא בתוך הדלי שווה למה שנמצא שמסביב (אויר כשהדלי באויר, מים כשהדלי במים ושמן כשהדלי בשמן) ואינו נדחה.
המשקל הנדחה שווה לנפח שנדחה (השווה בשלושת המיקרים) מוכפל בצפיפות החומר הנדחה.
הגוף יאבד יותר ממשקלו ככל שצפיפות התווך גדולה יותר.
מכיוון ש: אויר $\rho <$ שמן $\rho <$ מים ρ
המשקל הוא: $W_2 < W_3 < W_1$

ב. בעזרת חוק ברנולי נמצא קשר בין y ו- v .

המשוואה היא: $$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2$$

נסמן את הנקודה העליונה בפני הנוזל ב- 1 ואת נקודת יציאת המים ב- 2. הנתונים הם: $v_1 = 0 \; ; \; y_1 = \frac{3}{2} \cdot h \; ; \; P_1 = P_0$

$$v_2 = v \; ; \; y_2 = y + \frac{h}{2} \; ; \; P_2 = P_0$$

נציב: $$\frac{3}{2} \cdot h = \frac{v^2}{2g} + y + \frac{h}{2}$$

$$v = \sqrt{2g \cdot (h-y)}$$

נפתור עכשיו את החלק מחוץ לכלי, היינו החלק של הזריקה האופקית.
הקשר בין המרחק האופקי X והגובה Y הוא: $Y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \; ; \; X = v \cdot t$

$$X = v \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot Y}{g}} = v \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \left(y + \frac{h}{2}\right)}{g}} = \sqrt{4 \cdot (h-y) \cdot \left(y + \frac{h}{2}\right)}$$

מכסימום ל- X הוא גם מכסימום - X^2 (כי X הוא גודל חיובי) ולכן נמצא מכסימום לביטוי:

$$X^2 = 4 \cdot (h-y) \cdot \left(y + \frac{h}{2}\right) = 2 \cdot h^2 + 2 \cdot h \cdot y - 4 \cdot y^2$$

$$(X^2)' = 2h - 8 \cdot y = 0 \implies y = \frac{h}{4}$$

(זהו מכסימום כי הנגזרת השניה היא 8- והיא שלילית תמיד.)

פיתרון מספר 9 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. נחשב את היגב הקבל: $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 63.7 \cdot 10^{-6}} = 50\ \Omega$

הזרם בקבל, ולכן גם הזרם במעגל הוא: $I_{eff} = \frac{V_C}{X_C} = \frac{13}{50} = 0.26\ A$

ב. המעגל הוא טורי לכן הזרם הוא גם הזרם בסליל. לכן, העכבה של הסליל היא: $Z_L = \frac{V_L}{I_{eff}} = \frac{13}{0.26} = 50\ \Omega$

$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} \implies (1)\ \ 50 = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

העכבה הכללית במעגל היא: $Z = \frac{V_{eff}}{I_{eff}} = \frac{10}{0.26} = 38.46\ \Omega$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \implies (2)\ \ 38.46 = \sqrt{R^2 + (50 - X_L)^2}$$

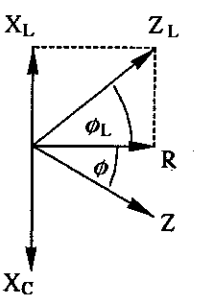
נעלה את שתי המשוואות בריבוע: $2500 = R^2 + X_L^2$

$$1479 = R^2 + 2500 - 100 \cdot X_L + X_L^2$$

$$1479 = 2500 + 2500 - 100 \cdot X_L \implies X_L = 35.2\ \Omega$$

$$R = \sqrt{2500 - X_L^2} = \sqrt{2500 - 35.2^2} = 35.5\ \Omega$$

נצייר את דיאגרמת המתחים, ההופכת בגלל שהזרמים שווים לדיאגרמת עכבות:



$$tg(\phi_L) = \frac{X_L}{R} = \frac{35.2}{35.5} = 0.99$$

$$\phi_L = 44^o44'$$

$$tg(\phi) = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{35.2 - 50}{35.5} = -0.417$$

$$\phi = -22^o37'$$

(סימן ה- (-) כי הזווית של המקור היא מתחת לציר ה-X.)

ג. $X_L = \omega \cdot L \implies L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{35.2}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0.112\ H\ \ ;\ \ R = 35.5\ \Omega$

פיתרון מספר 10 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

בשאלה זו יש טעות והיא אינה ניתנת לפיתרון. נסביר את הטעות של מחברי השאלה. אחד הנתונים קובע שבתדירות של 2000 Hz המתח על הקבל מכסימלי. ובטעות כנראה, הניחו המחברים שהמצב הוא מצב של תהודה. אבל, בתהודה הזרם דרך הקבל מכסימלי (כי זהו מעגל טורי ובתהודה הזרם מכסימלי) ולא המתח. עם שינוי התדירות משתנה יחד עם הזרם גם ההיגב של הקבל:

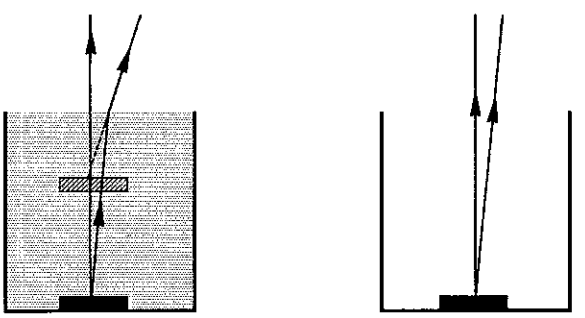
$$V_C = I \cdot X_C = \left(\frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}\right) \cdot X_C$$

$$V_C = \frac{V}{\omega \cdot C \cdot \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}}$$

ביטוי זה למתח אינו מכסימלי במצב של תהודה. גזירת הביטוי בחיפוש אחרי המכסימום ושימוש בשאר הנתונים מביאה לסידרה של שלוש משוואות לא ליניאריות בשלושה נעלמים ואי אפשר לפתור אותם.

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. גודל תמונת המטבע יהיה שונה כי במקרה הראשון מצלמת המצלמה את הגוף עצמו ובמקרה השני המצלמה מצלמת את הדמות הנוצרת עקב שבירת האור. דמות זו קרובה יותר ולכן נראית גדולה יותר.

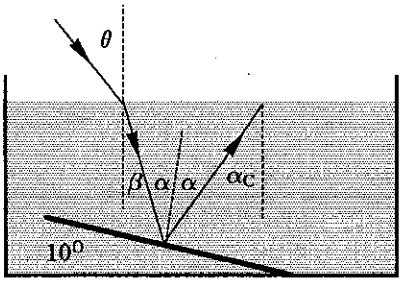


ב. נתחיל בחישוב זווית ההחזרה הגמורה.

לפי חוק סנל: $n_1 \cdot \sin(\alpha_1) = n_2 \cdot \sin(\alpha_2)$

במצב של החזרה גמורה: $\alpha_2 = 90^0 \;;\; \alpha_1 = \alpha_C$

לכן: $\sin(\alpha_C) = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{4/3} = \frac{3}{4} \implies \alpha_C = 48^0 35'$



נצייר את מהלך הקרניים:
הזווית α קטנה מ- α_C ב-10^0
הזווית β קטנה מהזווית α ב-10^0
לכן:
$\beta = 48^0 35' - 20^0 = 28^0 35'$

נמצא את הזווית θ בעזרת חוק סנל:
$n_1 \cdot \sin(\theta) = n_2 \cdot \sin(\beta)$

$$\sin(\theta) = \frac{n_2}{n_1} \cdot \sin(\beta) = \frac{4}{3} \cdot \sin(28^0 35') = 0.638 \implies \theta = 39^0 38'$$

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

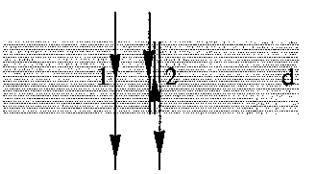
א. תדירות האור באויר היא: $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8}{6000 \cdot 10^{10}} = 5 \cdot 10^{14}$ Hz

תדירות האור לא משתנה במעבר בחומר ולכן היא תישאר זהה גם בחומר השקוף ובלוח הזכוכית.

אורך הגל משתנה בכניסה לחומר כמו מהירות הגל: $\lambda' = \frac{\lambda}{n}$

λ לוח ציפוי $= \frac{6000}{2.5} = 2400$ Å $\qquad$ λ זכוכית $= \frac{6000}{1.5} = 4000$ Å

ב. כדי שהאור העובר ללוח הזכוכית יהיה מינימלי צריך האור בשכבה הדקה לבצע התאבכות הורסת עם עצמו.
חלק מקרני האור (קרן 1 בציור) ממשיכים ישר, חלק (קרן 2 בציור) מוחזרים פעמיים ואז עוברים לזכוכית (הציור מסיט קצת את הקרן רק כדי שיראו אותה) וכן הלאה.



כדי שהקרן 2 העוברת דרך ארוכה יותר מקרן 1 תתאבך עם קרן 1 התאבכות הורסת חייב הפרש הדרכים להיות מספר שלם אי זוגי של מחצית אורך הגל.

הפרש הדרכים המינימלי הוא פעמיים עובי השיכבה. לכן:

$$2 \cdot d = \frac{\lambda}{2} \implies d = \frac{\lambda}{4} = \frac{2400}{4} = 600 \text{ Å}$$

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. נחשב את תחום האנרגיה של האור הנראה. $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

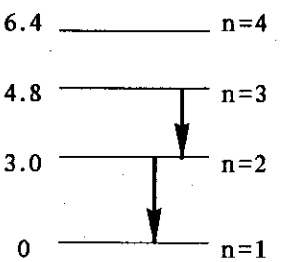
$$E_{(4000\ \text{Å})} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{4000 \cdot 10^{-10}} = 4.9725 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 3.1\ \text{eV}$$

$$E_{(7000\ \text{Å})} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{7000 \cdot 10^{-10}} = 2.841 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 1.77\ \text{eV}$$

כך שתחום האנרגיה של התחום הנראה הוא:

1.77 eV < תחום האנרגיה של האור הנראה < 3.1 eV

מתוך ששת מעברי האנרגיה האפשריים רק שניים הם בתחום הדרוש.



$n = 3 \Rightarrow n = 2$ (1.8 eV)

$n = 2 \Rightarrow n = 1$ (3.0 eV)

אורכי הגל של שני הקווים הספקטרליים הם: $\lambda = \frac{h \cdot c}{E}$

$$\lambda_1 = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{1.8 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 6.906 \cdot 10^{-7}\ \text{m} = 6906\ \text{Å}$$

$$\lambda_2 = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{3.0 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 4.144 \cdot 10^{-7}\ \text{m} = 4144\ \text{Å}$$

ב. כדי לעצור את כל האור בתחום הנראה יש לעצור את הפוטון עם האנרגיה הגדולה ביותר, היינו הפוטון עם אנרגיה של 3.0 eV. פוטון זה משתחרר מהמתכת עם אנרגיה קינטית של:

$E_K = h \cdot \nu - B = 3.0 - 2.2 = 0.8\ \text{eV}$

לכן צריך מתח של 0.8 V כדי לעצור אותו.

ג. ספקטרום הבליעה הוא חלק מספקטרום הפליטה. הוא מורכב מכל מעברי האנרגיה של רמת היסוד כי תהליך הבליעה הוא תהליך של עירור אלקטרונים הנמצאים ברמת היסוד.

משני הקווים בספקטרום הפליטה רק המעבר $n=2 \Rightarrow n=1$ מכיל את רמת היסוד לכן הקו הספקטרלי היחיד יהיה 4144 Å .

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. אורך הגל המינימלי הוא זה שבו כל האנרגיה הקינטית של האלקטרון המואץ הופכת לאנרגיה של הפוטון הנפלט:

$$qV = \frac{hc}{\lambda_{min}}$$

$$\lambda_{min} = \frac{hc}{qV} = \frac{6.63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}}{1.6\cdot10^{-19}\cdot2500} = 4.97\cdot10^{-10}\ m = 4.97\ Å$$

ב. זהו אורך גל מינימלי כי אין יותר אנרגיה ליצירת הפוטון מאשר האנרגיה של הפוטון המואץ. לא תמיד מוסר האלקטרון את כל האנרגיה כך שלפעמים האנרגיה קטנה מאנרגיה זו.

ג. אורך גל של אלקטרונים הוא אורך גל דה-ברולי: $\lambda = \frac{h}{mv}$

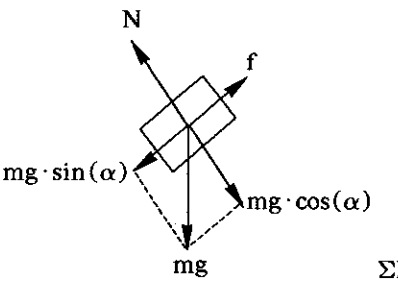
האנרגיה הקינטית הדרושה היא: $E_K = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot\left(\frac{h}{m\cdot\lambda}\right)^2$

$$E_K = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{hm}{\lambda}\right)^2 = \frac{1}{2\cdot m}\cdot\left(\frac{6.63\cdot10^{-34}}{4.97\cdot10^{-10}}\right)^2 = 9.755\cdot10^{-19}\ J = 6.1\ eV$$

פיתרון מספר 17 - מכניקה

א. כאשר המדרון חלק זמן הירידה וזמן העליה שווים. בירידה מתחיל מתחיל הגוף ממהירות אפס ומגיע למהירות v בתאוצה של $g\cdot\sin(\alpha)$, ואילו בעליה מתחיל הגוף במהירות v (כי ההתנגשות בקיר היא אלסטית) ומגיע למהירות אפס בתאוטה $-g\cdot\sin(\alpha)$.

ב. נמצא את התאוצה בירידה.



הכוחות הפועלים על הגוף הם:

בציר ה- Y: $\Sigma F_Y = 0$

$N = mg\cdot\cos(\alpha)$

מכאן:

$f = \mu\cdot N = \mu\cdot mg\cdot\cos(\alpha)$

בציר ה- X: $\Sigma F_X = ma$

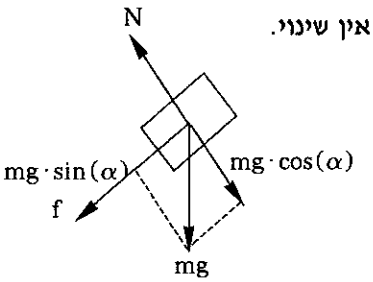
$mg\cdot\sin(\alpha) - f = ma$

$mg\cdot\sin(\alpha) - \mu\cdot mg\cdot\cos(\alpha) = ma$

$a = g\cdot[\sin(\alpha) - \mu\cdot\cos(\alpha)]$

$$v_t = v_0 + at \implies t_{\text{ירידה}} = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{v_t}{g\cdot[\sin(\alpha) - \mu\cdot\cos(\alpha)]}$$

נמצא את התאוצה בעליה. בציר ה- Y אין שינוי.
הכוחות הפועלים על הגוף הם:



בציר ה- X:

$$\Sigma F_X = ma$$
$$mg\cdot\sin(\alpha) + f = ma$$
$$mg\cdot\sin(\alpha) + \mu\cdot mg\cdot\cos(\alpha) = ma$$
$$a = g\cdot[\sin(\alpha) + \mu\cdot\cos(\alpha)]$$

$$v_t = v_0 + at \implies t_{\text{עליה}} = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{v_0}{g\cdot[\sin(\alpha) + \mu\cdot\cos(\alpha)}$$

מכיוון שהמהירות הסופית בירידה שווה למהירות ההתחלתית בעליה נקבל:

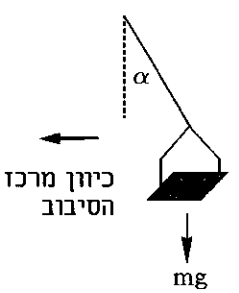
$$\frac{t_{\text{ירידה}}}{t_{\text{עליה}}} = \frac{\sin(\alpha) + \mu\cdot\cos(\alpha)}{\sin(\alpha) - \mu\cdot\cos(\alpha)}$$

ג. כאשר אין חיכוך $\mu=0$

$$\frac{t_{\text{ירידה}}}{t_{\text{עליה}}} = \frac{\sin(\alpha) + 0\cdot\cos(\alpha)}{\sin(\alpha) - 0\cdot\cos(\alpha)} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\alpha)} = 1$$

פיתרון מספר 18 - מכניקה

א. הכוחות הפועלים על הסחרחרה הם:
הכח שמפרקים לרכיבים הוא המתיחות T
כי כיוון מרכז הסיבוב הוא תמיד אחד הצירים.



בציר ה- Y אין תנועה: $\Sigma F_Y = 0$

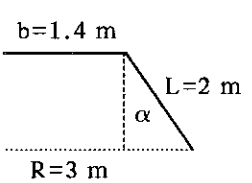
$$(1)\quad T\cdot\cos(\alpha) = mg$$

בציר ה- X יש תנועה מעגלית:

$$\Sigma F_X = m\omega^2 R$$
$$(2)\quad T\cdot\sin(\alpha) = m\omega^2 R$$

נחלק משוואה (2) במשוואה (1): $tg(\alpha) = \frac{\omega^2 R}{g} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g\cdot tg(\alpha)}{R}}$

נחשב את הזווית α:



$$\sin(\alpha) = \frac{3 - 1.4}{2} = 0.8 \quad \alpha = 53^{o}8'$$

$$f = \frac{\omega}{2\cdot\pi} = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{g\cdot tg(\alpha)}{R}} = \frac{1}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{10\cdot tg(53^0 8')}{3}} = 0.3355\ Hz$$

ב. נשתמש בנוסחה (1): $T = \frac{(m+M)\cdot g}{\cos(\alpha)} = \frac{(5+55)\cdot 10}{\cos(53^0 8')} = 1000\ N$

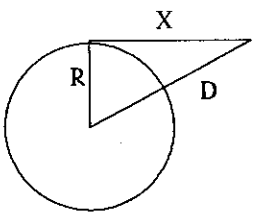
ג. הכדור נע בזריקה אופקית במסלול משיק למעגל.
מהירות הזריקה היא המהירות הקווית בזמן התנועה המעגלית:

$$v = \omega\cdot R = 2\cdot\pi\cdot f\cdot R = 2\cdot\pi\cdot 0.3355\cdot 3 = 6.324\ \frac{m}{sec}$$

הגובה נקבע על פי זמן התנועה: $y = \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 = \frac{1}{2}\cdot 10\cdot 0.5^2 = 1.25\ m$

המרחק האופקי מנקודת הזריקה הוא:

$$X = v\cdot t = v\cdot\sqrt{\frac{2\cdot y}{g}} = 6.324\cdot\sqrt{\frac{2\cdot 1.25}{10}} = 3.162\ m$$



את המרחק D מציר הסיבוב נמצא בעזרת משפט פיתגורס: $D = \sqrt{R^2 + X^2}$

$$D = \sqrt{3^2 + 3.162^2} = 4.36m$$

פיתרון מספר 19 - מכניקה

במצב שיווי משקל לפני התנתקות המסה התחתונה הכוחות הם: $\Sigma F_Y = 0$

$$K\cdot d = 3\cdot mg$$

$$K = \frac{3\cdot mg}{d}$$

א. מצב שיווי המשקל החדש הוא: $\Sigma F_Y = 0$

$$K\cdot d' = 2\cdot mg$$

$$d' = \frac{2\cdot mg}{K} = \frac{2\cdot mg}{\frac{3\cdot mg}{d}} = \frac{2}{3}\cdot d$$

המרחק של נקודת שיווי המשקל החדשה מנקודת תחילת התנועה היא המשרעת: $A = d - \frac{2}{3}\cdot d = \frac{1}{3}\cdot d$

ב. בחישוב זמן המחזור נתיחס לתנועה כאילו היא תנועה אופקית. העובדה שהתנועה אנכית גרמה לשינוי נקודת שיווי המשקל, (בקפיץ אופקי נקודת שיווי המשקל היא כשהקפיץ רפוי), על ידי קיזוז מתיחות בקפיץ עם משקל הגוף. פרט לכך אין הבדל בין תנועה אנכית ותנועה אופקית.

זמן המחזור של התנודה, לאחר נפילת המסה B הוא:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{2m}{K}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{2m}{\frac{3mg}{d}}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{2\cdot d}{3\cdot g}}$$

ג. הביטוי למהירות בתנועה הרמונית הוא: $v = \omega A\cdot\cos(\omega t+\varphi)$

לכן, הביטוי למהירות מכסימלית הוא:

$$v_{max} = \omega A = \frac{2\cdot\pi}{T}\cdot A = \frac{2\cdot\pi}{2\cdot\pi}\cdot\sqrt{\frac{3\cdot g}{2\cdot d}}\cdot\frac{1}{3}\cdot d = \sqrt{\frac{g\cdot d}{6}}$$

ד. הביטוי לתאוצה בתנועה הרמונית הוא: $a = \omega^2 A\cdot\sin(\omega t+\varphi)$

לכן, הביטוי לתאוצה מכסימלית הוא:

$$a_{max} = \omega^2 A = \left(\frac{2\cdot\pi}{T}\right)\cdot A = \frac{4\cdot\pi^2}{4\cdot\pi^2}\cdot\frac{3\cdot g}{2\cdot d}\cdot\frac{1}{3}\cdot d = \frac{g}{2}$$

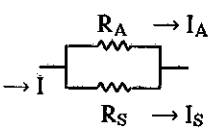
והכח המכסימלי:

$$F_{max} = m\cdot a_{max} = 2m\cdot\frac{g}{2} = mg$$

התשובה היתה צפויה מכיוון שהתנועה נגרמה עקב הכח שהפעילה המסה B על המסה A לפני שניתקה. משקלה של המסה B הוא mg.

פיתרון מספר 20 - חשמל

א. כדי להגדיל את תחום המדידה של האמפרמטר שהתנגדותו R_A נחבר לו נגד R_S במקביל.



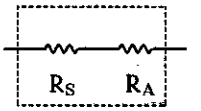
הזרם הכללי I יהיה סכום הזרמים בשני הנגדים: $I = I_A + I_S$

לכן: $I_S = I - I_A = 5 - 1 = 4\ mA$

מכיוון ששני הנגדים מחוברים במקביל המתח על שניהם זהה.

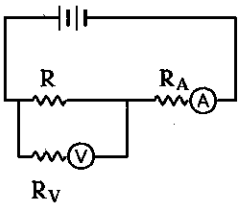
$$I_A\cdot R_A = I_S\cdot R_S \implies R_S = R_A\cdot\frac{I_A}{I_S} = 5\cdot\frac{1}{4} = 1.25\ \Omega$$

ב. כדי להפוך את האמפרמטר למכשיר למדידת מתח נחבר לו נגד בטור. הזרם המכסימלי הכללי ישאר 1 mA אבל המתח על שני הנגדים יהיה גדול יותר.



$$V = I\cdot(R_S + R_A) \implies R_S = \frac{V}{I} - R_A = \frac{5}{1\cdot 10^{-3}} - 5 = 4995\ \Omega$$

ג. לרשותנו אמפרמטר שהתנגדותו $R_A = 1\Omega$ ווולטמטר שהתנגדותו $R_V = 5000\ \Omega$. המתח על הוולטמטר הוא 5 V והתנגדותו 5000 Ω כך שהזרם דרכו הוא:



$$I_V = \frac{V}{R_V} = \frac{5}{5000} = 1\cdot 10^{-3}\ A$$

האמפרמטר מודד את הזרם הכללי. הזרם דרך הנגד R הוא ההפרש בין זרם זה והזרם דרך הוולטמטר:

$$I_R = I - I_V = 2\cdot 10^{-3} - 1\cdot 10^{-3} = 1\cdot 10^{-3}\ A$$

המתח על הנגד שווה למתח שמודד הוולטמטר, לכן:

$$R = \frac{V}{I_R} = \frac{5}{1\cdot 10^{-3}} = 5000\ \Omega$$

פיתרון מספר 21 - חשמל

א. הכ.א.מ. המושרה הוא: $\epsilon = B\cdot L\cdot v = 10^{-3}\cdot 0.1\cdot 10 = 10^{-3}\ V$

ב. כיוון הכח על המטענים במוט הוא מ- M ל- N לפי כלל יד ימין. לכן, הזרם יזרום בנגד R_1 מ- F ל- A ובנגד R_2 מ- C ל- D.

כל אחד מהנגדים מחובר ישירות למקור המתח, לכן: $I = \frac{\epsilon}{R}$

$$I_1 = \frac{\epsilon}{R_1} = \frac{10^{-3}}{3} = 3.33\cdot 10^{-4}\ A\ ;\ I_2 = \frac{\epsilon}{R_2} = \frac{10^{-3}}{6} = 1.67\cdot 10^{-4}\ A$$

ג. ההספק של כל נגד הוא: $P = I^2R$

$$P_1 = I_1^2\cdot R_1 = (3.33\cdot 10^{-4})^2\cdot 3 = 3.3\cdot 10^{-7}\ W$$

$$P_2 = I_2^2\cdot R_2 = (1.67\cdot 10^{-4})^2\cdot 6 = 1.67\cdot 10^{-7}\ W$$

ד. צריך להפעיל כח על המוט כדי שינוע במהירות קבועה. הכח הזה צריך לבטל את הכח הפועל על מוט נושא זרם הנמצא בשדה מגנטי.

$$F = B\cdot I\cdot L = B\cdot(I_1 + I_2)\cdot L = 10^{-3}\cdot 5\cdot 10^{-4}\cdot 0.1 = 5\cdot 10^{-8}\ N$$

ה. שני התיילים נמצאים במאונך לשדה מגנטי וזורם בהם זרם חשמלי, כך שברור שפועל עליהם כח. כיוון הכח, לפי כלל יד ימין הוא:

בתיל $\overline{MD}$ כיוון הזרם הוא מ- D ל- M כך שכיוון הכח הוא למטה.

בתיל $\overline{MA}$ כיוון הזרם הוא מ- A ל- M כך שכיוון הכח הוא למעלה.

פיתרון מספר 22 - חשמל

א. האלקטרונים העוזבים את המקור מאיצים בתאוצה לא קבועה עד שהם מגיעים אל פתח הכדור A. (התאוצה לא קבועה כי השדה החשמלי הוא לא אחיד אלא שדה חשמלי כמו של מטען נקודתי המרוכז במרכז הכדור. עם היכנסם לתוך הכדור נעים האלקטרונים במהירות קבועה כי בתוך הכדור הפוטנציאל קבוע ואין שדה חשמלי.

ב. נמצא את מהירות האלקטרון בנקודה A בעזרת שיקולי אנרגיה:

$$qV = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

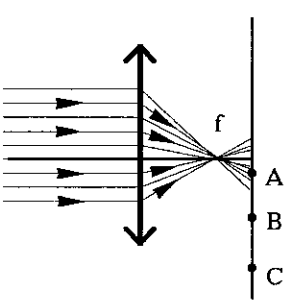
$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot(-1.6\cdot 10^{-19})\cdot(-100)}{9.1\cdot 10^{-31}}} = 5.93\cdot 10^6\ \frac{m}{sec}$$

כאמור, האלקטרון יוצא עם אותה המהירות מן הנקב B.

ג. זוהי תנועה שוות מהירות.

$$X = v\cdot t \implies t = \frac{X}{v} = \frac{0.06}{5.93\cdot 10^6} = 1.01\cdot 10^{-8}\ sec$$

פיתרון מספר 23 - שאלון השלמה



בנקודה A עוצמת האור הגדולה ביותר כי האור מתרכז לכיוון המוקד.
בנקודה B עוצמת האור היא הנמוכה ביותר כי אור שהיה אמור להגיע אליה מגיע לנקודה A.
אל הנקודה C מגיע אור ללא קשר לעדשה כך שזוהי כמות גדולה יותר מכמות האור שמגיעה ל- B.
התשובה הנכונה היא תשובה ב'

פיתרון מספר 24 - שאלון השלמה

הקפיץ השקול בציור 1 הוא: $K_T = K + K = 2K$

הקפיץ השקול בציור 2 הוא: $K_T = \frac{K \cdot K}{K + K} = \frac{K}{2}$

מכיוון שהקפיץ השקול קטן בציור 2 פי 4 צריכה ההתארכות הכללית להיות גדולה פי 4, היינו 4 cm. התארכות זו מתחלקת לשני קפיצים כך שכל קפיץ מתארך ב- 2 cm.

התשובה הנכונה היא תשובה ג'.

פיתרון מספר 25 - שאלון השלמה

הרחקת מקור האור גורמת להקטנת עוצמת האור אבל לא להקטנת האנרגיה של הפוטונים הפוגעים, לכן מתח העצירה לא ישתנה.
התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 26 - שאלון השלמה

האלקטרון החופשי מוסר אנרגיה לאלקטרון הקשור. האנרגיה שהוא יכול למסור שווה להפרש האנרגיה בין רמת היסוד בה נמצא האלקטרון הקשור ובין רמה מעוררת גבוהה יותר.
הפרש האנרגיה לרמה המעוררת הראשונה הוא:

$-3.4 - (-13.6) = 10.2$ eV

באפשרות הראשונה מאבד האלקטרון $15.6 - 5.4 = 10.2$ eV , כך שאפשרות זו מתאימה.
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 27 - שאלון השלמה

המצב הבלתי אפשרי הוא מצב ד' מכיוון שבכל צורה שהיא חייב החלק הימני של הגל להיות שלילי והחלק השמאלי להיות חיובי ובאפשרות ד' המצב הפוך.
התשובה הנכונה היא תשובה ד'.

פיתרון מספר 28 - שאלון השלמה

מכיוון שהמסגרת נעה במהירות קבועה הכ.א.מ. המושרה דרכה בזמן הכניסה לשדה המגנטי הוא קבוע כי $\epsilon = B \cdot L \cdot v$, ולכן גם הזרם הוא קבוע (ג' ו- ד' לא מתאימים). כאשר המסגרת נמצאת כולה בתוך השדה המגנטי אין שינוי בשטף ולכן הזרם הוא אפס (ד' לא מתאים). בזמן היציאה מן השדה המגנטי מתהפך כיוון הזרם (ב' לא מתאים). התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 29 - שאלון השלמה

נוסחת כתם האור המרכזי בתבנית העקיפה היא: $\Delta X = 2 \cdot \frac{\lambda \cdot L}{d}$

מכיוון שמדובר באלקטרונים, אורך הגל שלהם הוא אורך גל דה-ברולי:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$$

לכן: $\Delta X = \frac{2 \cdot h \cdot L}{p \cdot d}$

התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 30 - שאלון השלמה

אין השפעה לטמפרטורה על זמן מחצית החיים כך שהוא ישאר t.
התשובה הנכונה היא תשובה ג'.

פיתרון מספר 31 - שאלון השלמה

תמונת תבנית ההתאבכות תלויה רק באורך הגל של האור הפוגע.
ככל שאורך הגל גדול יותר המרחק בין שתי נקודות מכסימום גדול יותר. נקודות המינימום נמצאות בחצי המרחק בין נקודות מכסימום.

הזווית לנקודת המכסימום ה- n-ית ניתנת בנוסחה: $\sin(\alpha_n) = n \cdot \frac{\lambda}{d}$

הזווית לנקודת המינימום ה- n-ית ניתנת בנוסחה: $\sin(\alpha_n) = (n - \frac{1}{2}) \cdot \frac{\lambda}{d}$

באותה הזווית יהיו: $1 \cdot \frac{6000}{d} = (n - \frac{1}{2}) \cdot \frac{4000}{d} \implies n = 2$

התשובה הנכונה היא תשובה 4.

פיתרון מספר 32 - שאלון השלמה

הכח הגורם לתנועה ההרמונית הוא רכיב המשקל המשיק לכיוון המעגל $mg\cdot\sin(\alpha)$. הכח החשמלי מאונך לכיוון התנועה ולכן לא משפיע על התנועה ההרמונית. השפעתו היחידה היא על המתיחות בחוט.
התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 33 - שאלון השלמה

מתקבלת תמונה של העצם כולו כי כל קרני האור היוצאות מנקודה מסוימת בעצם אמורות להגיע לאותה נקודה בדמות. אם חוסמים מעבר בחצי עדשה יעברו הקרניים האמורות לעבור דרך חצייה השני של העדשה. מכיוון שלא כל הקרניים מגיעות לדמות תרד עוצמת הדמות.
התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 34 - שאלון השלמה

אם עוצמת הקול בנקודה M היא מכסימלית, ברור שיש בנקודה התאבכות בונה. התאבכות בונה נוצרת כאשר הפרש הדרכים שווה למספר שלם של אורכי גל. הפרש דרכים מינימלי הוא כאשר יש אורך גל אחד של הבדל. $\overline{AM} = \overline{BM} + \lambda = 8 = 2 = 10\ m$
התשובה הנכונה היא תשובה ד'.

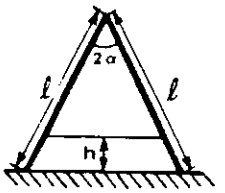
בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1984

חלק א'

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים: שאלה אחת מכל פרק.

פרק ראשון - מכניקה של גוף קשיח

1. שני סולמות אחידים וזהים באורך ℓ ומשקל W כל אחד, הועמדו על רצפה חלקה, באופן שהם נשענים זה על זה. כדי למנוע את החלקתם קשרו ביניהם חבל בגובה h מהקרקע. הזוית הנוצרת ביניהם היא 2α (ראה תרשים).



א. שרטט את כל הכוחות הפועלים על אחד הסולמות. (3 נקודות)

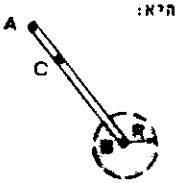
ב. מהי המתיחות בחבל? (3 נקודות)

ג. מהו הכוח שהסולמות מפעילים זה על זה? (2 נקודות)

ד. נתון כי W = 200 ניוטון, ℓ = 2 מ', $\alpha = 30^{\circ}$ והמתיחות המירבית המותרת בחבל היא T_{max} = 100 ניוטון.

מהו הגובה המירבי h_{max} (מעל לקרקע) בו ניתן לקשור את החבל מבלי שייקרע? (2 נקודות)

2. מטוטלת עשויה מוט אחיד AB שאורכו ℓ = 0.8 מ' ומסתו M = 1.6 ק"ג.



א. חשב את זמן המחזור של המטוטלת, כאשר נקודת התלייה היא:

(i) בקצה A;

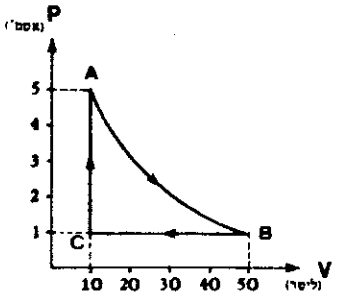
(ii) בנקודה C שמרחקה מ-A 0.2 מ'. (6 נקודות)

ב. אל הקצה B של המוט מחברים דיסקית שמסתה M = 2 ק"ג ורדיוסה R = 0.15 מ'. כך שמרכזה נקבע בנקודה B.

חשב את זמן המחזור של מטוטלת זו, בהנחה שהיא תלויה בנקודה C. (4 נקודות)

פרק שני – אנרגית החום (תרמודינמיקה)

.3 מול של גז אידיאלי חד-אטומי עובר תהליך מחזורי, כפי שמתואר בתרשים. התהליך AB הוא תהליך של התפשטות איזותרמית.



חשב את:

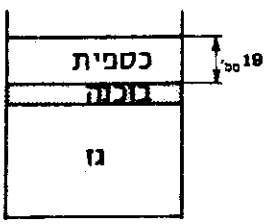
א. כמות החום הנקלטת על-ידי הגז. (3 נקודות)

ב. כמות החום הנפלטת על-ידי הגז. (3 נקודות)

ג. העבודה נטו המבוצעת על-ידי הגז. (3 נקודות)

ד. כצילות התהליך. (נקודה אחת)

.4 בתוך כלי סגור על-ידי בוכנה כלוא גז אידיאלי חד-אטומי, שמסתו המולקולרית 29 גרם. הטמפרטורה של הגז $27^{\circ}C$, לחצו 1 אטמ' ונפחו 1.23 ליטר. מסת הבוכנה והחיכוך בינה לבין דפנות הכלי זניחים. יוצקים על הבוכנה כספית בגובה 19 סיימ (ראה תרשים).



א. חשב את מסה הגז הכלוא בכלי. (2 נקודות)

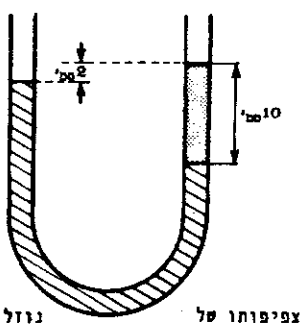
ב. חשב את נפח הגז לאחר יציקת הכספית (בהנחה שטמפרטורת הגז קבועה). (3 נקודות)

ג. עד לאיזו טמפרטורה יש לחמם את הגז כדי שיחזור לנפחו המקורי? (3 נקודות)

ד. חשב את כמות החום שנוספה לגז בשלב החימום ואת העבודה שעבד הגז בשלב זה. (2 נקודות)

פרק שלישי – תורת הנוזלים והגזים

.5 בצינור המתואר בתרשים יש מים ושמן (שאינו מתערב עם המים). גובה עמוד השמן הוא 10 סיימ, ופני השמן גבוהים מפני המים שבחלק השני של הצינור ב- 2 סיימ (ראה תרשים).



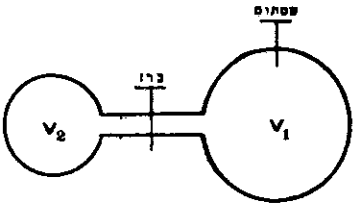
א. חשב את צפיפות השמן. (2 נקודות)

ב. גוף אחיד שמשקלו 1 ניוטון נשקל כשהוא טבול כולו באותו שמן, והתוצאה היתה 0.5 ניוטון. חשב את נפח הגוף וצפיפותו. (3 נקודות)

ג. חוזרים על שקילת הגוף כאשר הוא טבול כולו במים. מה תהיה התוצאה? (3 נקודות)

ד. אותו גוף צף בנוזל שלישי כאשר 1/4 מנפחו בולט מחוץ לנוזל. מהי צפיפותו של נוזל זה?

6. שני מיכלים סגורים, המחוברים ביניהם על-ידי ברז (ראה תרשים), מכילים גז אידיאלי בטמפרטורה של $T_0=275^oK$. נפח הגז במיכל הראשון (V_1) 5 ליטר, ולחצו 2 אטמ'; נפח הגז במיכל השני (V_2) 3 ליטר, ולחצו 4 אטמ'. במיכל הראשון ישנו שסתום ביטחון הנפתח בלחץ הגבוה מ-3 אטמ'.



א. מהי כמות הגז במולים בשני המיכלים יחד? (2 נקודות)

ב. פותחים את הברז המחבר בין שני המיכלים. מה הלחץ שמתקבל? האם תהיה דליפה דרך השסתום? (הנח כי אין שינוי בטמפרטורה). (3 נקודות)

ג. מהי הטמפרטורה המקסימלית T_{max}, שבה השסתום יישאר סגור במצב בו מחוברים שני המיכלים? (3 נקודות)

ד. מחממים את שני המיכלים עד ל- 400^oK. חשב את כמות הגז הנשאר (במולים). (2 נקודות)

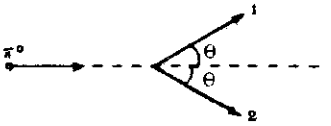
פרק רביעי - תורת היחסות הפרטית

7. לחלקיק π^o (פיון) מסת מנוחה של $\frac{135.0}{c^2}$ Mev. פיון בעל אנרגיה קינטית של 1000 Mev התפרק לשני פוטונים. אחד הפוטונים נע בכיוון התנועה המקורי של הפיון והפוטון השני - בכיוון המנוגד.

א. מה שיעור התנע של הפיון לפני התפרקותו? (3 נקודות)

ב. מה שיעור האנרגיה של כל אחד מהפוטונים שנוצרו? (4 נקודות)

ג. אילו הפיון שתואר היה מתפרק לשני פוטונים, הנעים בכיוונים המתוארים בתרשים, מה היה גודלה של הזוית θ ? (3 נקודות)



8. חללית דמיונית H, בעלת אורך עצמי של 120 מ', עוברת על יד מעבדת-חלל M, שאורכה העצמי 240 מ', הנעה במקביל אך בכיוון מנוגד לכיוון תנועת החללית. טייס העורך מדידות בחללית H מוצא שהזמן Δt_H הדרוש למעבדת-החלל לחלוף על פני נקודה קבועה בחללית הוא 6×10^{-7} שניות ושהמהירות היא קצובה.

א. מהי המהירות v_H אותה חישב טייס החללית עבור תנועת המעבדה M? (4 נקודות)

ב. איזו מהירות v_M מייחסים טייסי מעבדת-החלל לתנועת החלליות? (2 נקודות)

ג. אם טייס מעבדת-החלל מאפס את שעונו, ברגע שיעבור את הקצה הקדמי של החללית H, מה יראה שעונו ברגע שיעבור על-יד זנב החלליות? (4 נקודות)

פרק חמישי - זרם חילופין

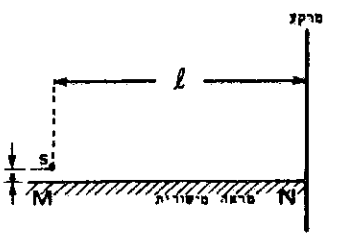
9. אל מקור שמתחו 24 וולט ותדירותו 50 הרץ, חוברו בטור נגד שהתנגדותו 10 אום וסליל. המתח על הנגד הוא 8 וולט, וההספק המתפתח במעגל כולו הוא 16 וט.
חשב את:
א. עוצמת הזרם במעגל. (נקודה אחת)
ב. ההתנגדות האומית של הסליל. (3 נקודות)
ג. השראות הסליל. (3 נקודות)
ד. המתח בין קצות הסליל. (3 נקודות)

10. אל מקור שמתחו 12 וולט ותדירותו 50 הרץ חוברו בטור:
נגד שהתנגדותו 3.6 אום והספקו המירבי 6 וט;
קבל שקיבולו 2×10^{-5} פרד ומתח הפריצה שלו 50 וולט;
סליל שהשראותו 0,03 הנרי והתנגדותו 5 אום.
א. חשב את עוצמת הזרם במעגל. (2 נקודות)
ב. האם יישרף הנגד? נמק. (2 נקודות)
ג. מהו המתח על הסליל? (3 נקודות)
ד. מחליפים את הקבל בקבל אחר, שקיבולו זהה לקודם, אלא שמתח הפריצה שלו הוא 15 וולט. הייפרץ קבל זה? נמק. (3 נקודות)

פרק שישי - תורת האור והגלים

11. עצם מואר ניצב במרחק d=80 סיימ מקיר לבן. בין העצם לבין הקיר מכניסים עדשה מרכזת, שמרחק המוקד שלה f = 15 סיימ. מתברר כי כדי לקבל דמות חדה של העצם על הקיר, ניתן להציב את העדשה בשני מקומות שונים.
א. חשב את המרחק בין שני מקומות אלה. (4 נקודות)
ב. מצא את היחס בין גודל הדמויות הנוצרות בשני המצבים. (3 נקודות)
ג. מהו ערכו המקסימלי של f, שעבורו ניתן לקבל עדיין את דמות העצם על הקיר (המרוחק מרחק d ממנו)? (3 נקודות)

12. בחרשים שלפניך מתוארת שיטה לקבלת תבנית התאבכות:
מקור אור מונוכרומאטי s נמצא במרחק ℓ= 5 מ' ממרקע (מסך). מראה מישורית MN ניצבת במאונך למרקע ובמרחק a = 2.5 מיימ ממקור האור s. אורך הגל של האור המוקרן הוא 6000 אנגסטרם.



א. מדוע תיווצר במקרה זה תבנית התאבכות? (4 נקודות)
ב. מהו רוחב פס האור (המרחק בין שני צמתים סמוכים) המתקבל על המרקע? (4 נקודות)
ג. כיצד תיראה תבנית ההתאבכות אם מהמקור ייפלט אור לבן? (2 נקודות)

פרק שביעי - פיסיקה מודרנית

.13

בבדיקת הספקטרום הנפלט מגז מימן שעורר לרמה הרביעית (n=4) התגלו 3 קווים ספקטרליים בלבד. אחד הקווים הוא באורך גל של 6563Å.

א. מהי האנרגיה של הפוטונים באורך גל זה? (2 נקודות)

ב. חשב את ארבעת רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן. (2 נקודות)

ג. למעבר בין אילו שתי רמות אנרגיה מתאים הקו הספקטרלי הנ"ל? (3 נקודות)

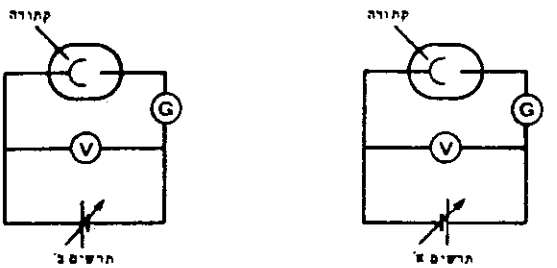
ד. מהם אורכי הגל של שני הקווים הספקטרליים האחרים? (3 נקודות)

.14

תא פוטואלקטרי חובר למעגל חשמלי בשני אופנים:

בתרשים א' חוברה הקתודה של התא להדק השלילי של מקור מתח, שמתחו ניתן לשינוי באמצעות פוטנציומטר. בתרשים ב' חוברה הקתודה של התא להדק החיובי של מקור המתח הנ"ל.

אנרגיית הקשר של האלקטרונים במתכת ממנה עשויה הקתודה היא 2.0eV.



א. מקרינים את הקתודה באור מונוכרומטי באורך גל של 4400Å.

האם ייעקרו אלקטרונים מן הקתודה? נמק תשובתך בעזרת חישוב. (4 נקודות)

ב. הסבר באופן איכותי (בצירוף גרפים מתאימים) את תלות עוצמת הזרם במתח שבין האנודה והקתודה (בהנחה שהקתודה מוקרנת באור, שתואר בסעיף א'):

(i) במעגל המתואר בתרשים א';

(ii) במעגל המתואר בתרשים ב'. (4 נקודות)

ג. כיצד תשפיע הגדלת עוצמת האור המוקרן על התלות של עוצמת הזרם במתח עבור שני המעגלים? הסבר! (2 נקודות)

פרק שביעי - פיסיקה בשרות האיבחון הרפואי

.15

לאבחון מסוים מזריקים לגוף עוקב המסומן ב ^{99}Tc. הבדיקה מתבצעת כעבור שעה אחת מזמן החדרת העוקב לגוף. משך מחצית החיים הביולוגי של העוקב בגוף הוא 12 שעות.

א. חשב את משך מחצית החיים השקול של העוקב בגוף. (2 נקודות)

ב. פעילות העוקב הנותר בגוף, בזמן ביצוע הבדיקה, היא 8.5 mCi.
חשב את פעילות העוקב בזמן ההחדרה. (3 נקודות)

ג. חשב את פעילות העוקב שנותר בגוף, כעבור 24 שעות מזמן ההזרקה.
(3 נקודות)

ד. איזה מבין שני סוגי הקרינה הבאים הוא בעל מקדם הנחתה גדול יותר ברקמה רכה:
(i) קרינת γ הנפלטת מ ^{99}Tc;
(ii) קרינת χ המופקת משפופרת רנטגן המופעלת במתח של 100KV.
נמק את תשובתך. (2 נקודות)

.16

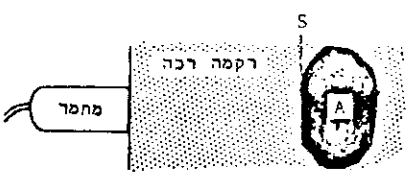
אות על-קולי שעוצמתו I_0 ותדירותו 1MHz משודר לתוך המתואר בתרשים א'.
ההד I מתקבל כעבור 80 מיקרו שניות מזמן שידור האות.
עוצמתו של ההד I הנקלט במתמר היא $I = 0.193I_0$.

א. חשב את מרחקו של המשטח S מן המתמר. (2 נקודות)

ב. חשב את מקדם ההחזרה של המשטח S (אי אפשר להזניח את ההנחתה ברקמה רכה). (3 נקודות)

ג. חשב את העכבה האופיינית של החומר A (הנח כי העכבה האופיינית של A גדולה מהעכבה האופיינית של רקמה רכה). (3 נקודות)

ד. כיצד תשתנה תמונת ההד (תרשים ב'), אם נגדיל את תדירותו של הגל העל-קולי המשודר לתוך? (2 נקודות)



תרשים א'

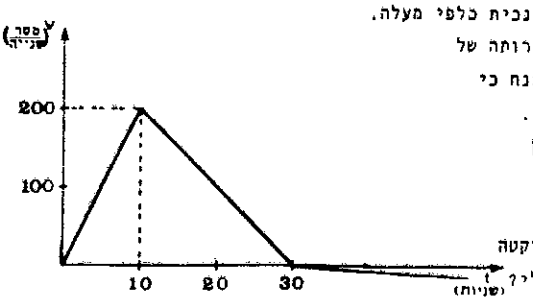
תרשים ב'

חלק ב' – מכניקה

עליך לענות על שתים משלוש השאלות 20 – 17.

.17

רקטה לחקר מזג האויר שולחה אנכית כלפי מעלה.
הגרף הבא מתאר את שינויי מהירותה של הרקטה כפונקציה של הזמן. (הנח כי התנגדות האויר ניתנת להזנחה).



א. לאחר כמה שניות אזל הדלק במנועה של הרקטה? נמק! (נקודה אחת)

ב. כמה שניות לאחר שיגור הרקטה היא הגיעה לגובה המקסימלי? נמק! (נקודה אחת)

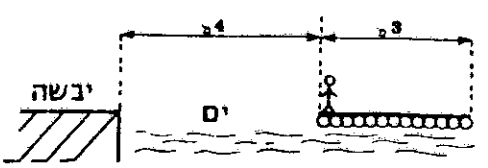
ג. לאיזה גובה עלתה הרקטה? נמק! (5 נקודות)

ד. בשיא הגובה הופעל מנוע-עזר, שגרם לנפילתה של הרקטה בתאוצה קבועה של $0.05\frac{\text{מטר}}{\text{שניה}^2}$. כמה שניות לאחר שילוח הרקטה היא חזרה ארצה? (3 נקודות)

ה. בתוך הרקטה נמצא מכשיר שמסתו 0.5 ק"ג, התלוי בדינמומטר.
מה יורה הדינמומטר בכל אחד משלבי התנועה של הרקטה (5 נקודות)

.18

ילד שמסתו 40 ק"ג ניצב בקצה של רפסודה שמסתה 80 ק"ג. אורך הרפסודה 3 מ' ומרחק הקצה, עליו ניצב הילד, מן היבשה הוא 4 מ' (ראה תרשים).
הילד מתחיל ללכת על הרפסודה במהירות קבועה של $4\frac{\text{מטר}}{\text{שניה}}$ (יחסית לחוף) אל הקצה המרוחק מן החוף.
הנח כי החיכוך בין הרפסודה למים זניח.



א. האם תישאר הרפסודה במנוחה בשעת הליכת הילד?
אם כן, נמק! אם לא, באיזה כיוון היא תנוע? נמק! (נקודה אחת)

ב. באיזה מרחק מן החוף יימצא הילד, בשעה שיגיע לקצה השני של הרפסודה? (6 נקודות)

ג. חשב את השינוי באנרגיה הקינטית של המערכת (ילד + רפסודה), שחל כתוצאה מהליכת הילד. (5 נקודות)

ד. מה מקורו של השינוי באנרגיה שחישבת בסעיף ג'? (3 נקודות)

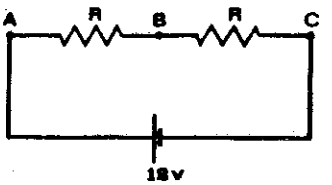
.19 רדיוסם וצפיפותם של שני כוכבים A ו- B הם: R_A, ρ_A ו- R_B ρ_B בהתאמה.
הנח כי הכוכבים הומוגניים, דהיינו, צפיפותם קבועה.
(את התשובות לשאלות הבאות עליך לבטא באמצעות ארבעת הגדלים האלו בלבד).
א. מהו היחס בין תאוצות הנפילה החופשית על פני שני הכוכבים? (3 נקודות)
ב. קרוב לפניו של כל אחד מהכוכבים סובב לוויין במסלול מעגלי.
מהו היחס בין זמני המחזור של שני הלווייניים? (3 נקודות)
ג. מהו היחס בין האנרגיות הכוללות (קינטית + פוטנציאלית) של שני הלווייניים, בהנחה שמסותיהם שוות? (5 נקודות)
ד. מפניו של כל אחד מהכוכבים משלחים טיל אל מחוץ לתחום המשיכה של הכוכב.
מהו היחס בין המהירויות ההתחלתיות המינימליות שיש להקנות לטילים?
הנח כי לכוכבים אין אטמוספירה. (4 נקודות)

חלק ג' - חשמל

עליך לענות על שתים משלוש השאלות 22 - 20.

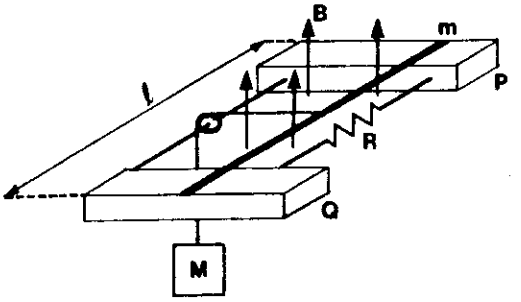
.20 נתונים שני כדורי מתכת מבודדים ומרוחקים זה מזה. רדיוסו של הכדור האחד 20 סיימ, והוא טעון חיובית ב- 6×10^{-8} קולון; רדיוסו של הכדור השני 10 סיימ, והוא טעון שלילית ב- -2×10^{-8} קולון.
חיברו את שני הכדורים על-ידי חיל מוליך דק וארוך, שקיבולו זניח, וכעבור דקות אחדות ניתקו אותם זה מזה.
חשב: א. את המטען על כל כדור לאחר החיבור. (5 נקודות)
ב. את האנרגיה ההתחלתית של המערכת. (4 נקודות)
ג. את האנרגיה הסופית של המערכת. (3 נקודות)
ד. בתנאי הבעיה, שני הכדורים מבודדים מסביבתם. איך יתכן, אפוא, שבסעיפים ב' וג' קיבלת תוצאות שונות? האין כאן סתירה לחוק שימור האנרגיה? נמק! (3 נקודות)

.21 לרשות תלמיד הועמד וולטמטר שהתנגדותו 50,000Ω.
התלמיד בנה מעגל חשמלי המורכב משני נגדים זהים R המחוברים בטור ומקור שהכא"מ שלו 12V והתנגדותו הפנימית זניחה (ראה תרשים). התלמיד חיבר את הוולטמטר בשלושה אופנים, בין הנקודות: A ו- B; B ו- C; A ו- C.



א. חשב את המתחים V_{AB}, V_{BC}, V_{AC} עליהם הורה הוולטמטר, כאשר ערכו של R הוא:
(i) 5 Ω (5 נקודות)
(ii) 50,000 Ω (5 נקודות)
ב. באיזה מהמקרים $V_{AC} \neq V_{AB}+V_{BC}$?
הסבר מדוע. (5 נקודות)

.22 מוט מוליך שאורכו l ומסתו m מונח על מסילה העשויה אף היא מחומר מוליך. בין שני חלקי המסילה מחובר נגד שהתנגדותו R. התנגדות המוט והמסילה ניתנים להזנחה. המוט קשור באמצעות חוט אל גוף שמסתו M. החוט מחליק ללא חיכוך על גלגלת קטנה האחוזה בציר מבודד, כמתואר בתרשים. כל המיתקן מצוי באזור בו שורר שדה מגנטי אחיד שעוצמתו B וכיוונו מצוין בתרשים.



הנח כי המערכת משוחררת ממנוחה והמוט נע על פני המסילה ללא חיכוך. כמו כן הזנח את השדה המגנטי הנוצר על-ידי הזרם בנגד R.

א. מהו כיוון הזרם המושרה בנגד R (מ-P ל-Q או מ-Q ל-P)? נמק! (3 נקודות)

ב. תאר במלים את תנועת המוט (מבחינת המהירות והתאוצה). הנח שהמסילה והחוט ארוכים מאוד. (4 נקודות)

ג. חשב את המהירות המירבית אליה יגיע המוט בהסתמך על:

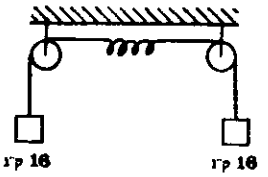
(i) ניתוח הכוחות הפועלים עליו.

(ii) שיקולים של שימור אנרגיה. (8 נקודות)

חלק ד' - שאלון השלמה

עליך לענות על עשר משתים עשרה השאלות 34 - 23.

.23 קפיץ מסוים, התלוי על דו בקיר, מתארך ב-2 סיימ כשבקצהו מסה של 8 ק"ג. את הקפיץ הזה קשרו בשני קצותיו בחוטים גמישים, שמסותיהם זניחות, העוברים על גלגלים ללא חיכוך ובקצות החוטים תלו מסות של 16 ק"ג (ראה תרשים).



כתוצאה מכך התארך הקפיץ ב-:

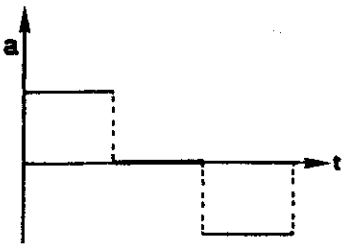
א. 2 סיימ.

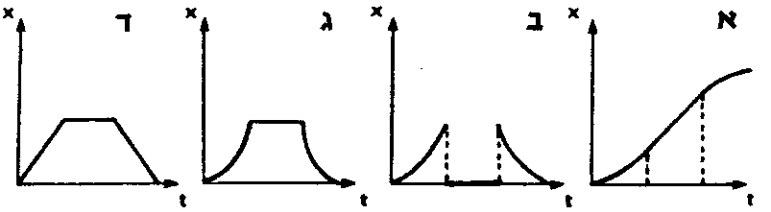
ב. 4 סיימ.

ג. 8 סיימ.

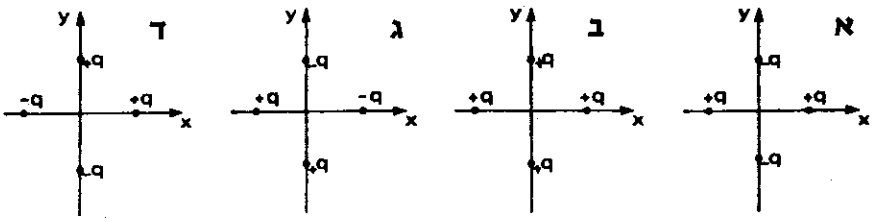
ד. 16 סיימ.

24. לפניך גרף המתאר את תאוצתו (a) של גוף כפונקציה של הזמן (t). איזה מבין הגרפים הבאים מתאר בצורה הטובה ביותר את העתק הגוף (x) כפונקציה של הזמן (t)?

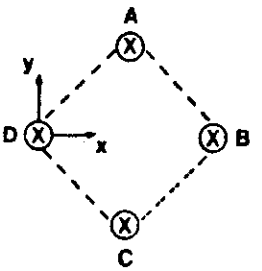




25. לפניך ארבעה תרשימים בהם מתוארים מטענים נקודתיים, המפוזרים במישור xy. כל המטענים נמצאים במרחק שווה מראשית הצירים. באיזה תרשים ערכמת השדה והפוטנציאל בראשית הצירים שווים לאפס? (בהנחה כי הפוטנציאל של מטען נקודתי שווה לאפס ב"אינסוף").



26. ארבעה תיילים ארוכים וישרים נמצאים בפינות ריבוע, וזורמים בהם זרמים שווים בכיוון ניצב לתוך הדף. (ראה תרשים).



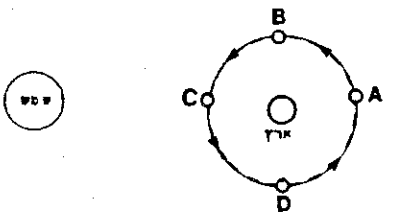
מהו כיוון הכוח המגנטי השקול שמפעילים שלושת התיילים A, B ו- C על התייל D?

א. x+ ג. y+

ב. x- ד. y-

27. התרשים שלפניך מתאר בצורה פשטנית את מסלול הירח סביב כדור-הארץ במהלכו של חודש עברי. החיצים מראים את כיוון התנועה של הירח. (התרשים אינו לפי קנה-מידה כלשהו).

באיזו נקודה בתרשים נמצא הירח בסוף השבוע הראשון של החודש העברי?



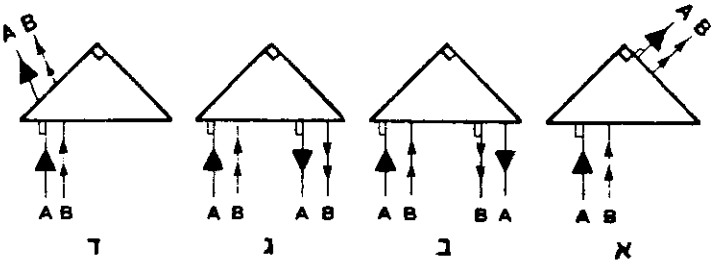
א. A

ב. B

ג. C

ד. D

28. שתי קרניים מקבילות A ו- B חודרות במאונך לתוך משטח הבסיס של מנסרת זכוכית ישרת-זוית ושוות-שוקיים (מקדם השבירה של הזכוכית הוא 1.5). איזה מהשרטוטים הבאים מראה את המהלך הנכון של הקרניים בעוברן דרך המנסרה?



29. עצם נע לאורכו של הציר הראשי של עדשה מרכזת, בעלת מרחק מוקד f. בתחילה, מרחקו מהעדשה הוא 10f ובסיום 5f. איזה מבין הגדלים הבאים קטן כתוצאה מתנועה זו?

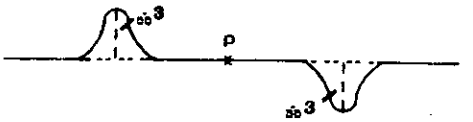
א. גודל הדמות הנוצרת.

ב. מרחק הדמות מהעצם.

ג. מרחק הדמות מהעדשה.

ד. אף לא אחד מהם.

30. שני זעזועים שווים והפוכים נעים זה לקראת זה בקפיץ מתוח. המשרעת של כל זעזוע היא 3 סיימ. הזעזועים נוצרו בקצות הקפיץ בעת ובעונה אחת. מה יהיה העתקה של נקודת האמצע של הקפיץ, P, בעת שהזעזועים יחלפו על פניה?



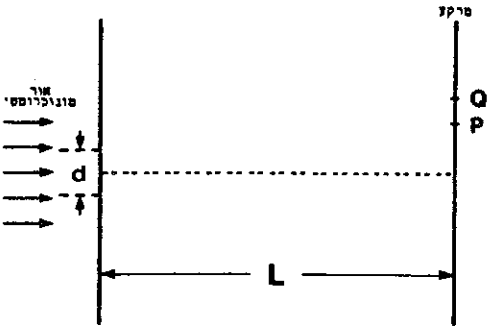
א. 0 סיימ.

ב. 3 סיימ.

ג. 6 סיימ.

ד. גדול מ-0 אך קטן מ-3 סיימ.

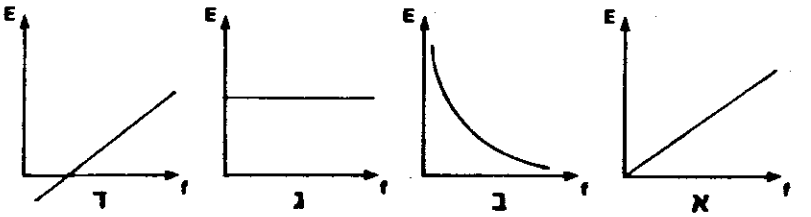
31. אור מונוכרומטי בעל אורך גל λ פוגע במאונך בשני סדקים צרים המרוחקים זה מזה מרחק d. כתוצאה מכך נוצרת תבנית התאבכות על מרקע הנמצא במרחק L מהסדקים (L >> d). הנקודה P נמצאת במרכזו של פס כהה והנקודה Q במרכז הפס הבהיר הסמוך לו (ראה תרשים).



המרחק PQ הוא:

א. $\frac{\lambda L}{4d}$ ב. $\frac{\lambda L}{2d}$ ג. $\frac{\lambda L}{d}$ ד. $\frac{2\lambda L}{d}$

.32 איזה מבין הגרפים הבאים מתאר בצורה הטובה ביותר את תלות האנרגיה E של פוטונים בתדירות שלהם f ?



.33 אור פוגע במתכת מסוימת, וכתוצאה מכך נעקרים אלקטרונים. עתה מקטינים את עוצמת האור מבלי לשנות את תדירותו. איזו שורה בטבלה הבאה מתארת את התוצאה?

	האנרגיה הקינטית של האלקטרונים הנפלטים	מספר האלקטרונים הנפלטים
א.	קטנה	אינו משתנה
ב.	אינה משתנה	אינו משתנה
ג.	אינה משתנה	קטן
ד.	קטנה	קטן

.34 ליסוד At^{218} זמן מחצית-חיים של 1.3 שניות. ההסתברות שגרעין מסוים של יסוד זה יתקיים לפחות 2.6 שניות היא:

א. 0 ב. 1/8 ג. 1/4 ד. 1/2

בהצלחה!

תשובות סופיות - מבחן 1984

1. ב. $T = \frac{W \cdot L \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot [L \cdot \cos(\alpha) - h]}$ ג. $N = \frac{W \cdot L \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot [L \cdot \cos(\alpha) - h]}$

   ד. $h = 0.732\ m$

2. א. $T = 1.36\ sec$ (2) $T = 1.45\ sec$ (1) ב. $T = 1.52\ sec$

3. א. $\Delta Q = 1.42 \cdot 10^4\ J$ ב. $\Delta Q = 10^4\ J$ ג. $W = 4000\ J$ ד. $\eta = 29\%$

4. א. $m = 1.45\ gr$ ב. $V = 0.98\ L$ ג. $T = 376^0 K$

   ד. $\Delta Q = 79\ J$ $\Delta W = 31.6\ J$

5. א. $d = 0.8\ \frac{gr}{cm^3}$ ב. $d = 1.6\ \frac{gr}{cm^3}$ ג. $W'' = 37.5\ gr$

   ד. $d = 2.133\ \frac{gr}{cm^3}$

6. א. $n = 0.975\ mole$ ב. השסתום לא יפתח. $P = 2.748\ at$

   ג. $T = 300^0\ K$ ד. $n' = 0.73\ mole$

7. א. $P = 1100\ \frac{Mev}{c}$ ב. $E = 4\ MeV\ ;\ 1100\ MeV$ ג. $\theta = 6.8^0$

8. א. $v = \frac{4}{5} \cdot c$ ב. $v = -\frac{4}{5} \cdot c$ ג. $t = 3 \cdot 10^{-7}\ sec$

9. א. $I = 0.8\ A$ ב. $R_L = 15\ \Omega$ ג. $L = 0.053\ H$

   ד. $V_L = 7.88\ V$

10. א. $I = 0.08\ A$ ב. הנגד לא ישרף $P = 0.023\ W$

    ג. $V_L = 0.853\ V$ ד. הקבל לא יפרץ $V_C = 12.73\ V$

11. א. $X = 40\ cm$ ב. $H = 9$ ג. $f = 20\ cm$

12. ב. $\Delta X = 6 \cdot 10^{-4}\ m$

13. א. $E = 1.89\ eV$ ב. $E_1 = -13.6\ eV$; $E_2 = -3.4\ eV$;

ג. המעבר מרמה 3 לרמה 2 $E_3 = -1.51\ eV$; $E_4 = -0.85\ eV$

ד. $\lambda_{(4\to 3)} = 18{,}830\ Å$; $\lambda_{(2\to 1)} = 1219\ Å$

15. א. $T_{1/2} = 4\ h$ ב. $10\ mCi$ ג. $0.15\ mCi$

16. א. $X = 6\ cm$ ב. $R = 0.64$ ג. $Z = 13.5\ \frac{kg}{m\cdot sec}$

17. א. $t = 10\ sec$ ב. $t = 30\ sec$ ג. $X = 3000\ m$

ד. $t = 376.4\ sec$ ה. $F_1 = 15\ N$; $F_2 = 0$; $F_3 = 4.975\ N$

18. ב. $X = 6\ m$ ג. $E = 480\ J$ ד. שרירי הילד

19. א. $\frac{g_A}{g_B} = \frac{\rho_A\cdot R_A}{\rho_B\cdot R_B}$ ב. $\frac{T_A}{T_B} = \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}}$ ג. $\frac{E_A}{E_B} = \frac{\rho_A\cdot R_A^2}{\rho_B\cdot R_B^2}$

ד. $\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{\frac{\rho_A}{\rho_B}}\cdot\frac{R_A}{R_B}$

20. א. $Q_1' = 2.67\cdot 10^{-8}\ C$; $Q_2' = 1.33\cdot 10^{-8}\ C$

ב. $E = 9.9\cdot 10^{-5}\ J$ ג. $E = 2.4\cdot 10^{-5}\ J$

21. א. $V_{AC} = 12\ V$ (1) $V_{AB} = 6\ V$ (2) $V_{AB} = 4\ V$

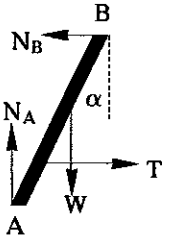
ב. במצב 2

22. א. מ- P ל- Q ג. $v = \frac{M\cdot g\cdot R}{B^2\cdot L^2}$

23. ב' 24. א' 25. א' 26. א' 27. ד' 28. ב'

29. ב' 30. א' 31. ב' 32. א' 33. ג' 34. ג'

פיתרון מספר 1 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח



א. הכוחות הפועלים על אחד המוטות הם:

ב. במצב שיווי משקל שקול הכוחות ושקול המומנטים שווים לאפס.

$\Sigma F_X = 0$ $\Sigma F_Y = 0$

(1) $T - N_B = 0$ (2) $N_A - W = 0$

$\Sigma M_{(A)} = 0$

$$W \cdot \left(\frac{L}{2}\right) \cdot \sin(\alpha) + T \cdot h - N_B \cdot L \cdot \cos(\alpha) = 0$$

אם נציב את משוואה (1) נקבל:

$$T = \frac{W \cdot L \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot [L \cdot \cos(\alpha) - h]}$$

ג. כאמור:

$$N_B = T = \frac{W \cdot L \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot [L \cdot \cos(\alpha) - h]}$$

ד. נבודד את h מהמשוואה:

$$2 \cdot T \cdot L \cdot \cos(\alpha) - 2 \cdot T \cdot h = W \cdot L \cdot \sin(\alpha)$$

$$h = L \cdot \cos(\alpha) - \frac{W \cdot L \cdot \sin(\alpha)}{2 \cdot T}$$

במקרה בו המתיחות מכסימלית:

$$h = 2 \cdot \cos(30^0) - \frac{200 \cdot 2 \cdot \sin(30^0)}{2 \cdot 100} = 0.732 \text{ m}$$

פיתרון מספר 2 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. זמן המחזור של מטוטלת פיסיקאלית הוא:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{I}{mg \cdot R}}$$

כאשר I הוא מומנט ההתמד ביחס לציר הסיבוב ו- R הוא המרחק של מרכז הכובד מציר הסיבוב.

(1) מומנט ההתמד של מוט ביחס לקצה שלו הוא:

$$I = \frac{M \cdot L^2}{3}$$

מרכז הכובד הוא במרכז המוט, לכן: $R = \frac{L}{2}$

מכאן:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{M\cdot L^2}{3\cdot M\cdot g\cdot\frac{L}{2}}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{2\cdot L}{3\cdot g}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{2\cdot 0.8}{3\cdot 10}} = 1.45\ \text{sec}$$

(2) כדי למצוא את מומנט ההתמד ביחס לנקודה הנמצאת 0.2 m מהקצה נשתמש במשפט שטיינר המתיחס לתוספת מומנט התמד ביחס למומנט ההתמד דרך מרכז המסה (I_0). המרחק של הנקודה ממרכז המסה שווה למרחקה מהקצה 0.2 m:

$$I = I_0 + mR^2 = \frac{M\cdot L^2}{12} + M\cdot R^2$$

$$I = \frac{1.6\cdot 0.8^2}{12} + 1.6\cdot 0.2^2 = 0.149\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$$

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{I}{mg\cdot R}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{0.149}{1.6\cdot 10\cdot 0.2}} = 1.36\ \text{sec}$$

ב. נחשב את מומנט ההתמד של הדיסקה. ביחס למרכז הכובד שלה מומנט ההתמד הוא: $I_0 = \frac{M\cdot r^2}{2}$. נשתמש במשפט שטיינר לחישוב מומנט ההתמד ביחס לנקודה C:

$$I = I_0 + M\cdot R^2 = \frac{M\cdot r^2}{2} + M\cdot R^2 = \frac{2\cdot 0.15^2}{2} + 2\cdot 0.6^2 = 0.743\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$$

מומנט ההתמד הכללי הוא סכום מומנטי ההתמד:

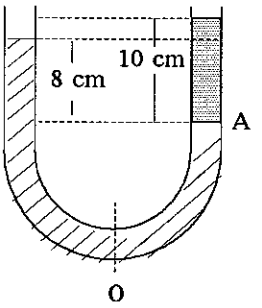
$$I_T = 0.149 + 0.743 = 0.879\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$$

נמצא את מרחק מרכז הכובד המשותף מציר הסיבוב.

$$R = \frac{m_1\cdot R_1 + m_2\cdot R_2}{m_1 + m_2} = \frac{1.6\cdot 0.2 + 2\cdot 0.6}{1.6 + 2} = 0.422\ \text{m}$$

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{I}{mg\cdot R}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{0.879}{(1.6+2)\cdot g\cdot 0.422}} = 1.52\ \text{sec}$$

פיתרון מספר 5 - שאלון פרקי בחירה- תורת הנוזלים והגזים



א. אם נסתכל על קו האמצע בנקודה O נראה שעד לתחילת חלק המים (A), יש בשני הצדדים גובה שווה של שמן, כך שחלק זה אינו תורם ליצירת הבדל הגובה. גם הלחץ החיצוני הקיים בשני הצדדים אינו משנה לתוצאה. אלא רק עמוד אויר של 10 cm מאזן עמוד שמן של 8 cm.

הלחץ ההדרוסטטי הוא: $p = hd$ לכן:

$$h_1 \cdot d_1 = h_2 \cdot d_2 \implies d_2 = d_1 \cdot \frac{h_1}{h_2} = 1 \cdot \frac{8}{10} = 0.8 \ \frac{gr}{cm^3}$$

ב. על פי חוק ארכימדס גוף מאבד ממשקלו כמשקל הנוזל שנדחה.
מכיוון שמשקל הגוף בשמן קטן ב- 0.5 N מהמשקל באויר, זהו משקל השמן שנדחה.
נמצא מכאן את נפח השמן שנדחה, היינו את נפח הגוף. נתרגם את משקל הגוף ל- gr.

$$W' = 0.5\ N = 0.05\ kg = 50\ gr \ ; \ W = 1\ N = 0.1\ kg = 100\ gr$$

הנפח הוא: $V = \frac{W'}{d_2} = \frac{50}{0.8} = 62.5\ cm^3$

צפיפות הגוף היא: $d_3 = \frac{W}{V} = \frac{100}{62.5} = 1.6 \ \frac{gr}{cm^3}$

ג. משקל המים שנידחים הוא: $G = 1 \cdot V = 1 \cdot 62.5 = 62.5\ gr$

המשקל המדומה של הגוף (W'') הוא ההפרש בין המשקל האמיתי (W) ומשקל המים שנידחו (G):

$$W'' = W - G = 100 - 62.5 = 37.5\ gr$$

ד. בזמן ציפה שווה משקל הגוף כולו (W) למשקל הנוזל שנדחה. נסמן את צפיפות הנוזל ב- d_4:

$$W = d_3 \cdot V = d_4 \cdot V' \implies d_4 = d_3 \cdot \frac{V}{V'} = 1.6 \cdot \frac{4}{3} = 2.133 \ \frac{gr}{cm^3}$$

פיתרון מספר 6 - שאלון פרקי בחירה - תורת הגזים והגזים

א. בתנאים סטנדרטיים (לחץ של 1 atm וטמפרטורה של 273^0K) מכיל נפח של 22.4 L של גז כלשהו כמות גז של מול אחד.

נמצא את מספר המולים בכל מיכל בעזרת משוואת הגזים שתעביר את הגז למצב של תנאים סטנדרטיים.

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} \Longrightarrow V_0 = V_1 \cdot \frac{P_1 \cdot T_0}{P_0 \cdot T_1}$$

במקרה הראשון: $V_{0\,(1)} = 5 \cdot \frac{2 \cdot 273}{1 \cdot 275} = 9.927\ L$

במקרה השני: $V_{0\,(2)} = 3 \cdot \frac{4 \cdot 273}{1 \cdot 275} = 11.913\ L$

סך כל הנפח בתנאים סטנדרטיים הוא: $V = 9.927 + 11.913 = 21.84$

מספר המולים הוא: $n = \frac{V_0}{22.4} = \frac{21.84}{22.4} = 0.975\ mole$

ב. נשתמש בנוסחת הגזים כאשר הנפח הכללי הוא סכום הנפחים.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Longrightarrow P = \frac{n \cdot R \cdot T}{V} = \frac{0.975 \cdot 0.082 \cdot 275}{8} = 2.748\ at.$$

השסתום לא יפתח מכיוון שהלחץ קטן מ- 3 at.

ג. נשתמש בנוסחת הגזים כאשר הפעם הנתון הוא שהלחץ הוא 3 at. :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Longrightarrow T = \frac{P \cdot V}{n \cdot R} = \frac{3 \cdot 8}{0.975 \cdot 0.082} = 300^0K$$

ד. נסמן את מספר המולים שנשארו ב- 'n. נשתמש שוב במשוואת הגזים.

$$n' = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{3 \cdot 8}{0.082 \cdot 400} = 0.73\ mole$$

פיתרון מספר 9 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. נמצא את הזרם בעזרת המתח וההתנגדות של הנגד:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{8}{10} = 0.8\ A$$

ב. ההספק המתפתח במעגל הוא על שני הנגדים.

$$P = I^2 \cdot R_T \implies R_T = \frac{P}{I^2} = \frac{16}{0.8^2} = 25\ \Omega$$

מכיוון ששני הנגדים מחוברים בטור:

$$R_T = R + R_L \implies R_L = R_T - R = 25 - 10 = 15\ \Omega$$

ג. נמצא את גורם ההספק של המעגל מנוסחת ההספק:

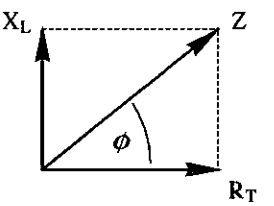
$$P = V_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\phi)$$

$$\cos(\phi) = \frac{P}{V_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{16}{24 \cdot 0.8} = 0.833 \implies \phi = 33^o33'$$

מדיאגרמת המתחים נמצא:

$$tg(\phi) = \frac{X_L}{R_T}$$

$$X_L = R_T \cdot tg(\phi) = 25 \cdot tg(33^o33') = 16.58\ \Omega$$



$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

$$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot \phi} = \frac{16.58}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0.053\ H$$

ד. $$V_L = I \cdot Z_L = I \cdot \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = 0.8 \cdot \sqrt{15^2 + 16.58^2} = 17.88\ V$$

פיתרון מספר 10 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. נחשב את היגבי הקבל והסליל:

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0.03 = 9.425\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-5}} = 159.1\ \Omega$$

נחשב את עכבת המעגל:

$$Z = \sqrt{(R + R_L)^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{(3.6 + 5)^2 + (9.425 - 159.1)^2} = 150\ \Omega$$

הזרם האפקטיבי הוא: $I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z} = \frac{12}{150} = 0.08\ A$

ב. ההספק בנגד הוא: $P = I^2 \cdot R = 0.08^2 \cdot 3.6 = 0.023\ W$

הנגד לא ישרף כי ההספק המתפתח בו קטן מההספק המכסימלי המותר.

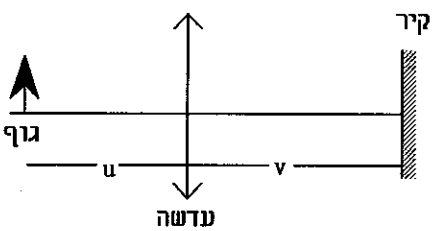
ג. $V_L = I \cdot Z_L = I \cdot \sqrt{R_L^2 + X_L^2} = 0.08 \cdot \sqrt{5^2 + 9.425^2} = 0.853\ V$

ד. $V_C = I \cdot X_C = 0.08 \cdot 159.1 = 12.73\ V$

הקבל לא יפרץ כי המתח עליו קטן ממתח הפריצה של הקבל.

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. הנתונים הם:



$u + v = 80\ cm$

$f = 15\ cm$

נשתמש בנוסחת העדשות:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{15} = \frac{1}{u} + \frac{1}{80 - u}$$

נעשה מכנה משותף: $\frac{1}{15} = \frac{80 - u + u}{u \cdot (80 - u)}$

$$1200 = u \cdot (80 - u) = 80 \cdot u - u^2$$

שני הפיתרונות הם: $u = 20\ cm\ ;\ u = 60\ cm$

המסקנה שאפשר להציב את הדמות בשני מקומות במרחק 20 cm או במרחק 60 cm מהעדשה. המרחק בין שני המקומות הוא 40 cm.

ב. $H = \left|\frac{v}{u}\right| \implies H_1 = \left|\frac{20}{60}\right| = \frac{1}{3}\ ;\ H_2 = \left|\frac{60}{20}\right| = 3$

היחס בין גודל הדמויות בשני המצבים הוא יחס ההגדלות: $H = \frac{H_2}{H_1} = 9$

ג. כדי למצוא ביטוי מכסימלי ל- f נבטא את f כפונקציה של אחד המשתנים, למשל u, ונגזור את הביטוי.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{80-u} = \frac{80-u+u}{u\cdot(80-u)}$$

$$80\cdot f = u\cdot(80-u) \implies f = u - \frac{u^2}{80}$$

נמצא את הנגזרת ונשווה לאפס:

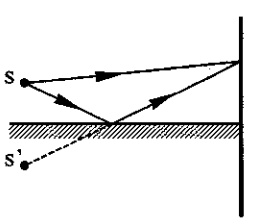
$$f' = 1 - \frac{2\cdot u}{80} = 0 \implies u = 40\text{ cm};\quad v = 80 - u = 40\text{ cm}$$

$$f = 40 - \frac{40^2}{80} = 20\text{ cm}$$

זהו מכסימום כי הנגזרת השניה היא: $f'' = -\frac{1}{40}$ והיא תמיד שלילית.

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. למקור האור s נוצרת דמות s' במרחק זהה של a מצידה השני של המראה. מכיוון שזהו בעצם אור המגיע ממקור אחד יהיו שני המקורות (הממשי והמדומה) שווי תדירות ושווי מופע ולכן תיווצר תבנית התאבכות.



ב. המרחק בין מקורות האור הוא: $d = 2\cdot a = 2\cdot 2.5\cdot 10^{-3} = 5\cdot 10^{-3}\text{ m}$

המרחק בין שתי נקודות צומת הוא:

$$\Delta X = \frac{\lambda\cdot L}{d} = \frac{6000\cdot 10^{-10}\cdot 5}{5\cdot 10^{-3}} = 6\cdot 10^{-4}\text{ m}$$

ג. בנקודת המרכז יהיה אור לבן כי לכל הצבעים מכסימום בנקודה בה אין הפרש דרכים. בצדדים יהיו פסי אור לכל צבע בנפרד לפי הספקטרום כאשר ככל שאורך הגל גדול יותר פס האור רחוק יותר מנקודת המרכז. בהמשך יהיו איזורים של חפיפות בין כתמי אור של אורכי גל שונים.

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. נמצא את האנרגיה של הקו הספקטרלי:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{6563 \cdot 10^{-10}} = 3.03 \cdot 10^{-19}\ J = 1{,}89\ eV$$

ב. רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן נתונות בנוסחה: $E = \frac{-13.6}{n^2}$

כאשר האנרגיה נמדדת ב- eV. ארבע הרמות הראשונות הן:

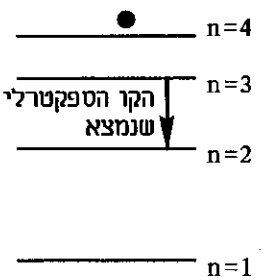
$$E_1 = \frac{-13.6}{1^1} = -13.6\ eV\ ; \qquad E_2 = \frac{-13.6}{2^2} = -3.4\ eV\ ;$$

$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2} = -1.51\ eV\ ; \qquad E_4 = \frac{-13.6}{4^2} = -0.85\ eV$$

ג. מכל המעברים האפשרים הפרש האנרגיה מתאים רק למעבר:

$n=3 \Longrightarrow n=2 \qquad (-1.51) - (-3.4) = 1.89\ eV$

נסתכל על שרטוט רמות האנרגיה:



נתון שהאלקטרון עלה לרמה הרביעית.
מצאנו גם שבירידה נפלטה אנרגיה השווה למעבר מהרמה 3 לרמה 2.
המסקנה היא שהאלקטרון ירד בהתחלה מהרמה 4 לרמה 3 ואחר כך גם ירד מהרמה 2 לרמה 1.

שני הקווים הספקטרליים הנוספים הם לכן:

$n=4 \Longrightarrow n=3\ (-0.85) - (-1.51) = 0.66\ eV$

$n=2 \Longrightarrow n=1\ (-3.4) - (-13.6) = 10.2\ eV$

ד. אורך הגל של הקווים הספקטרליים הוא: $\lambda = \frac{h \cdot c}{E}$

$$\lambda_{(4 \to 3)} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{0.66 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 1.883 \cdot 10^{-6}\ m = 18{,}830\ \text{Å}$$

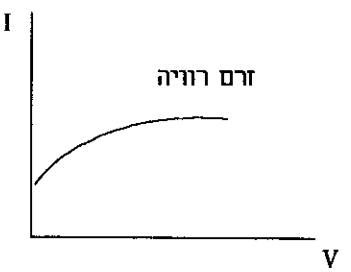
$$\lambda_{(2 \to 1)} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{10.2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 1.219 \cdot 10^{-7}\ m = 1219\ \text{Å}$$

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

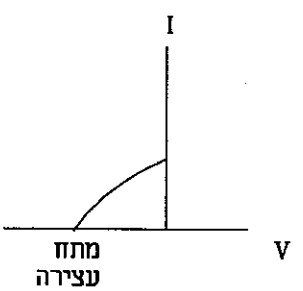
א. נחשב את האנרגיה של הפוטונים הפוגעים:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{4400 \cdot 10^{-10}} = 4.52 \cdot 10^{-19}\ J = 2.825\ eV$$

האנרגיה של הפוטונים גדולה מאנרגית הקשר של המתכת ולכן ישתחררו אלקטרונים מן המתכת.

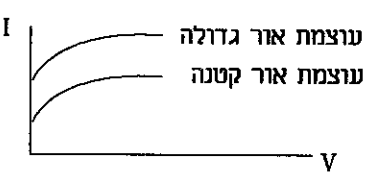


(i) במעגל בתרשים א' המתח הוא מתח חיובי המושך את האלקטרונים המשתחררים אל האנודה. ללא מתח משתחררים האלקטרונים ונעים באופן אקראי לכל הכיוונים. ככל שהמתח המושך גדול יותר יגיעו יותר אלקטרונים אל האנודה עד שבשלב מסוים יגיעו כל האלקטרונים הנפלטים אל האנודה. מכיוון שהמתח אינו משפיע על פליטת האלקטרונים אלא רק על משיכתם לאחר שהשתחררו לא תוכל הגדלת המתח להגדיל את הזרם. מצב זה נקרא מצב רוויה.



(ii) במעגל בתרשים ב' המתח הוא מתח שלילי העוצר את האלקטרונים המשתחררים מן הקתודה. ככל שהמתח גדול יותר יעצרו יותר אלקטרונים והזרם ילך ויקטן עד שלבסוף יעצרו כל האלקטרונים המשתחררים והזרם יתאפס. המתח במצב זה נקרא מתח עצירה.

ב. הגדלת עוצמת הזרם גורמת להגדלת מספר האלקטרונים המשתחררים ולא להגדלת האנרגיה הקינטית שלהם. זרם הרוויה, התלוי במספר האלקטרונים המשתחררים יגדל, ומתח העצירה התלוי באנרגיה של הפוטונים לא ישתנה.



פיתרון מספר 17 - מכניקה

א. הדלק אוזל לאחר 10 sec מכיוון שכשהדלק אוזל מהירות הלווין מתחילה לקטון.

ב. הרקטה מגיעה לשיא הגובה לאחר 30 sec מכיוון שבשיא הגובה המהירות מתאפסת ואחר כך הופכת שלילית.

ג. הגובה שעלתה הרקטה הוא השטח שמתחת לגרף המהירות כפונקציה של הזמן:

$$X = \frac{200 \cdot 30}{2} = 3000 \text{ m}$$

* אפשר גם לפתור את השאלה בעזרת תנועה שוות תאוצה בשני חלקים:

$$X = X_1 + X_2 = \frac{(v_{0\,1} + v_{t\,1})}{2} \cdot t_1 + \frac{(v_{0\,2} + v_{t\,2})}{2} \cdot t_2$$

$$X = \frac{0 + 200}{2} \cdot 10 + \frac{200 + 0}{2} \cdot 20 = 1000 + 2000 = 3000 \text{ m}$$

ד. נמצא את זמן הירידה. התנועה היא שוות תאוצה. הנתונים הם:

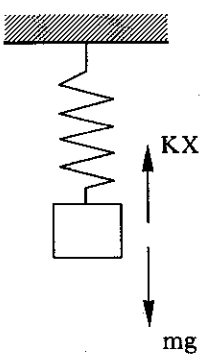
$$X = 3000 \text{ m} \; ; \; v_0 = 0 \; ; \; a = 0.05 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

$$X = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2 \cdot X}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3000}{0.05}} = 346.4 \text{ sec}$$

הזמן הכללי הוא סכום זמני העליה והירידה.

$$t = 30 + 346.4 = 376.4 \text{ sec}$$

ה. דינמומטר הוא מכשיר המראה את הכח הפועל על קפיץ.
שקול הכוחות הפועל על המסה הוא:



$$\Sigma F_Y = ma$$

$$KX - mg = ma$$

$$KX = mg + ma = m \cdot (g + a)$$

כדי למצוא את כח הקפיץ צריך למצוא את התאוצה בכל שלב.
נשתמש בנוסחה:

$$v_t = v_0 + at \implies a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

$$a_1 = \frac{200 - 0}{10} = 20\ \frac{m}{sec^2}\ ;\ a_2 = \frac{0 - 200}{20} = -10\ \frac{m}{sec^2}$$

הכח שמראה הדינמומטר בכל שלב בעליה הוא: $F = m \cdot (g + a)$

$$F_1 = 0.5 \cdot (10 + 20) = 15\ N$$

$$F_2 = 0.5 \cdot (10 - 10) = 0\ N$$

(התוצאה צפוי כי הגוף נע בהשפעת כח המשיכה בלבד והמסה והרקטה נעות באותה תאוצה.)
בירידה הסימן יהיה שלילי גם כן כי הכיוון החיובי הוא כלפי מעלה והתאוצה היא כלפי מטה:

$$F_3 = 0.5 \cdot (10 - 0.05) = 4.975\ N$$

פיתרון מספר 18 - מכניקה

א. הרפסודה תתחיל לנוע בכיוון הפוך לכיוון תנועת הילד. הסיבה היא חוק שימור התנע. לפני תחילת ההליכה של הילד התנע הכללי של הילד והרפסודה היה שווה לאפס. כשהילד מתחיל ללכת לא פועלים כוחות חיצוניים כך שסך כל התנע חייב להישאר אפס, ואם לילד יש תנע בכיוון אחד אז לרפסודה חייב להיות תנע בכיוון השני כדי שסך כל התנע ישאר אפס.

ב. נמצא את מהירות הרפסודה בעזרת חוק שימור התנע:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2$$

נסמן את מסת הילד ב- m ואת מהירותו ב- v, את מסת הרפסודה ב- M ואת מהירותה ב- U:

$$0 = m \cdot v + M \cdot U \implies U = -v \cdot \frac{m}{M} = -4 \cdot \frac{40}{80} = -2\ \frac{m}{sec}$$

בזמן שהילד נע בכיוון אחד במהירות של $4\ \frac{m}{sec}$ נעה הרפסודה בכיוון ההפוך במהירות של $2\ \frac{m}{sec}$ כך שהמהירות היחסית בין הילד והרפסודה היא:

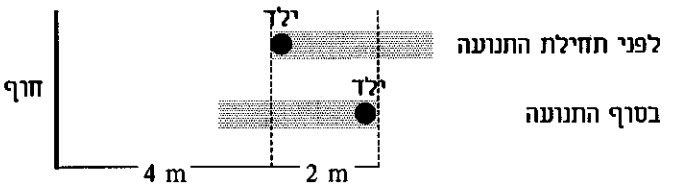
$$v_{12} = v_1 - v_2 = 4 - (-2) = 6\ \frac{m}{sec}$$

במהירות זו הילד עובר את כל הרפסודה, היינו מרחק של 3 m.

הזמן הדרוש לשם כך הוא: $t = \frac{X}{v} = \frac{3}{6} = 0.5\ sec$

ביחס לחוף מתקדם הילד במהירות של $4\ \frac{m}{sec}$ כך שביחס לחוף הילד מתקדם מרחק של: $X = v \cdot t = 4 \cdot 0.5 = 2\ m$

אם בתחילת התנועה היה הילד במרחק של 4 m מהחוף, הוא יהיה בסוף התנועה במרחק של: $X = 4 + 2 = 6\ m$



ג. לפני תחילת התנועה לא היתה אנרגיה קינטית כך ששינוי האנרגיה הקינטית שווה לאנרגיה הקינטית במצב הסופי.

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot M \cdot U^2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot (-2)^2 + \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 4^2 = 480\ J$$

ד. מקור האנרגיה בשריריו של הילד.

פיתרון מספר 19 - מכניקה

נבטא בתחילה את מסת הכוכבים בעזרת הנתונים:

$$M = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

$$M_A = \rho_A \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_A^3 \quad ; \quad M_B = \rho_B \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_B^3$$

יחס המסות הוא: $\frac{M_A}{M_B} = \frac{\rho_A \cdot R_A^3}{\rho_B \cdot R_B^3}$

א. את תאוצת הכובד על פניו של כוכב מוצאים מהשוויון:

$$mg = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2} \Longrightarrow g = \frac{G \cdot M}{R^2}$$

לכן יחס תאוצות הכובד הוא:

$$\frac{g_A}{g_B} = \frac{M_A}{M_B} \cdot \frac{R_B^2}{R_A^2} = \frac{\rho_A \cdot R_A^3}{\rho_B \cdot R_B^3} \cdot \frac{R_B^2}{R_A^2} = \frac{\rho_A \cdot R_A}{\rho_B \cdot R_B}$$

ב. את זמן המחזור נמצא מהכח הצנטריפטלי בתנועה המעגלית:

$$\frac{G\cdot M\cdot m}{R^2} = m\cdot\omega^2\cdot R$$

נציב את הביטוי למהירות הזוויתית: $\omega = \frac{2\cdot\pi}{T}$

נצמצם את המסה m ונעביר את R לצד שמאל:

$$\frac{G\cdot M}{R^3} = \left(\frac{2\cdot\pi}{T}\right)^2 \implies T = \frac{2\cdot\pi\cdot R^{3/2}}{\sqrt{G\cdot M}}$$

יחס זמני המחזור הוא:

$$\frac{T_A}{T_B} = \frac{\frac{2\cdot\pi\cdot R_A^{3/2}}{\sqrt{G\cdot M_A}}}{\frac{2\cdot\pi\cdot R_B^{3/2}}{\sqrt{G\cdot M_B}}} = \sqrt{\frac{M_B}{M_A}}\cdot\frac{R_A^{3/2}}{R_B^{3/2}} = \sqrt{\frac{\rho_B\cdot R_B^3}{\rho_A\cdot R_A^3}}\cdot\frac{R_A^{3/2}}{R_B^{3/2}} = \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_A}}$$

ג. הביטוי לאנרגיה הכוללת הוא: $E = -\frac{G\cdot M\cdot m}{2\cdot R}$

יחס האנרגיות הוא:

$$\frac{E_A}{E_B} = \frac{\frac{G\cdot M_A\cdot m}{2\cdot R_A}}{\frac{G\cdot M_B\cdot m}{2\cdot R_B}} = \frac{M_A}{M_B}\cdot\frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_A\cdot R_A^3}{\rho_B\cdot R_B^3}\cdot\frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_A\cdot R_A^2}{\rho_B\cdot R_B^2}$$

ד. נמצא את מהירות המילוט משיקולי אנרגיה. האנרגיה היא כזו שהגוף מגיע לאינסוף (אנרגיה פוטנציאלית שווה לאפס) עם מהירות אפס (אנרגיה קינטית שווה לאפס).

$$0 = \frac{-G\cdot M\cdot m}{R} + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 \implies v = \sqrt{\frac{2\cdot G\cdot M}{R}}$$

יחס מהירויות המילוט הוא:

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{\frac{2\cdot G\cdot M_A}{R_A}}}{\sqrt{\frac{2\cdot G\cdot M_B}{R_B}}} = \sqrt{\frac{M_A}{M_B}}\cdot\sqrt{\frac{R_B}{R_A}} = \sqrt{\frac{\rho_A\cdot R_A^3}{\rho_B\cdot R_B^3}}\cdot\sqrt{\frac{R_B}{R_A}} = \sqrt{\frac{\rho_A}{\rho_B}}\cdot\frac{R_A}{R_B}$$

פיתרון מספר 20 - חשמל

א. תנועת המטענים נמשכת עד שיש שוויון פוטנציאלים בין הכדורים.
נסמן את המטענים לאחר חיבור התיל ב- Q_1' ו- Q_2' :

$$V_1 = V_2 \implies \frac{K \cdot Q_1'}{R_1} = \frac{K \cdot Q_2'}{R_2}$$

נציב ונקבל:

$$(1) \quad \frac{Q_1'}{0.2} = \frac{Q_2'}{0.1}$$

ידוע לנו גם שסכום המטענים לא יכול להשתנות ולכן:

$$Q_1' + Q_2' = Q_1 + Q_2$$

$$(2) \quad Q_1' + Q_2' = 6 \cdot 10^{-8} + (-2) \cdot 10^{-8} = 4 \cdot 10^{-8}\,C$$

משתי המשוואות נמצא: $Q_1' = 2.67 \cdot 10^{-8}\,C \;;\; Q_2' = 1.33 \cdot 10^{-8}\,C$

ב. האנרגיה של כדור טעון היא אנרגיה של קבל: $E = \frac{Q \cdot V}{2}$

הפוטנציאל על פני הכדור הוא: $V = \frac{K \cdot Q}{R}$

ומכאן: $E = \frac{K \cdot Q^2}{2 \cdot R}$

האנרגיה הכללית היא:

$$E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (6 \cdot 10^{-8})^2}{2 \cdot 0.2} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (-2 \cdot 10^{-8})^2}{2 \cdot 0.1} = 9.9 \cdot 10^{-5}\,J$$

ג. האנרגיה כללית לאחר חיבור התיל היא:

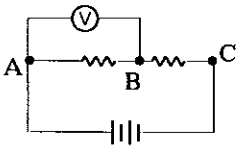
$$E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (2.67 \cdot 10^{-8})^2}{2 \cdot 0.2} + \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (1.33 \cdot 10^{-8})^2}{2 \cdot 0.1} = 2.4 \cdot 10^{-5}\,J$$

ד. בזמן תנועת המטענים דרך התיל נפלטה אנרגיה בצורת חום ולכן האנרגיה הסופית נמוכה מהאנרגיה ההתחלתית.

פיתרון מספר 21 - חשמל

א. בחיבור הוולטמטר לנקודות AC יראה הוולטמטר את מתח מקור המתח ללא קשר להתנגדויות R כי ההתנגדות הפנימית של מקור המתח זניחה.
לכן: $V_{AC} = 12\ V$

נצייר את המערכת בחיבור AB. (התוצאה לגבי BC היא זהה כי המצב סימטרי)



ההתנגדות השקולה של המעגל היא התנגדות במקביל של הוולטמטר והנגד R, והשקול שלהם בטור לנגד השני:

$$R_T = \frac{R_V \cdot R}{R_V + R} + R$$

במקרה (1): $R_T = \frac{5000 \cdot 5}{5000 + 5} + 5 = 9.9995\ \Omega \approx 10\ \ \Omega$

התנגדות הוולטמטר גדולה בהרבה מהתנגדות הנגד כך שהיא לא משפיעה כמעט על ההתנגדות הכללית.

במקרה (2): $R_T = \frac{5000 \cdot 5000}{5000 + 5000} + 5000 = 7500\ \Omega$

התנגדות הוולטמטר זהה להתנגדות הנגד והיא משפיעה מאד על ההתנגדות השקולה.

הזרם הכללי במקרה (1) הוא: $I = \frac{V}{R_T} = \frac{12}{10} = 1.2\ A$

ולכן המתח בין הנקודות A ו- B הוא: $V_{AB} = I \cdot R_{AB} = 1.2 \cdot 5 = 6\ V$

הזרם הכללי במקרה (2) הוא: $I = \frac{V}{R_T} = \frac{12}{7500} = 1.6 \cdot 10^{-3}\ A$

ולכן המתח בין הנקודות A ו- B הוא:
$V_{AB} = I \cdot R_{AB} = 1.6 \cdot 0^{-3} \cdot 2500 = 4\ V$

אם יחובר הוולטמטר לנקודות B ו- C הוא יראה אותה תוצאה, היינו 6 V במקרה הראשון ו- 4 V במקרה השני.

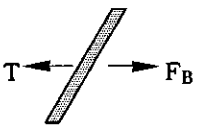
ב. במצב השני קיבלנו: $V_{AB} = V_{BC} = 4\ V$ וסכומם הוא רק 8 V ולא 12 V אבל, המדידה של המתח בין B ו- C לא היתה באותו הזמן שהיתה המדידה בין A ו- B.
במדידה הראשונה, כשמצאנו שהמתח בין A ל- B הוא 4 V, היה המתח בין B ל- C תיאורטית 8 V . הבעיה היא שכדי למדוד את המתח אנחנו משתמשים במכשיר מדידה המשנה בעצמו את כל התוצאות.

(חיבור בו זמני של שני וולטמטרים היה נותן תוצאה של 6 V גם במקרה השני.)

פיתרון מספר 22 - חשמל

א. כיוון הכח על המטענים הנמצאים במוט הוא מ- Q ל- P כך שהזרם בנגד R הוא הפוך ולכן הוא מ- P ל- Q.

ב. הכח הפועל על המוט הוא מצד אחד מתיחות החוט T ומצד שני הכח המגנטי F_B הנובע מזרימת זרם דרך המוט.
מכיוון שהזרם נובע מהכ.א.מ. המושרה הוא הולך וגדל ככל שהמהירות גדלה עד שבשלב מסוים מתאזנים הכוחות והתנועה הופכת להיות שוות מהירות.



ג. הזרם במעגל נגרם מהכ.א.מ. המושרה: $I = \frac{\epsilon}{R}$

הכ.א.מ. המושרה נגרם ערב תנועת המוט: $\epsilon = B \cdot L \cdot v$

(1) לכן, הכח המגנטי הוא:

$$F_B = B \cdot I \cdot L = B \cdot \left(\frac{\epsilon}{R}\right) \cdot L = B \cdot \left(\frac{B \cdot L \cdot v}{R}\right) \cdot L = \frac{B^2 \cdot L^2 \cdot v}{R}$$

אם נסתכל על כל המערכת ביחד, כח זה מתנגד למשקל Mg של המסה התלויה. במצב שיווי משקל הם שווים.

$$\Sigma F = 0$$

$$M \cdot g = \frac{B^2 \cdot L^2 \cdot v}{R} \implies v = \frac{M \cdot g \cdot R}{B^2 \cdot L^2}$$

(2) במצב של מהירות קבועה הגוף מאבד רק אנרגיה פוטנציאלית ההופכת לחום בנגד. האנרגיה ההופכת לחום בנגד היא מכפלת הספקו בזמן t.

$$E = P \cdot t = I^2 \cdot R \cdot t = \left(\frac{\epsilon}{R}\right)^2 \cdot R \cdot t = \left(\frac{B \cdot L \cdot v}{R}\right)^2 \cdot R \cdot t$$

אנרגיה זו שווה לאנרגיה הפוטנציאלית האובדת. הגובה h משתנה בתנועה שוות מהירות $h = v \cdot t$ לכן:

$$E = M \cdot g \cdot h = M \cdot g \cdot v \cdot t$$

נשווה בין שתי האנרגיות:

$$\left(\frac{B \cdot L \cdot v}{R}\right)^2 \cdot R \cdot t = M \cdot g \cdot v \cdot t \implies v = \frac{M \cdot g \cdot R}{B^2 \cdot L^2}$$

פיתרון מספר 23 - שאלון השלמה

על הקפיץ פועל כח של 16 kg מכל צד. כח זה היה פועל גם אם במקום מסה היו מחברים את אחד הצדדים אל קיר (חוק הפעולה והתגובה). לכן המתיחות בקפיץ תהיה פי שניים ממתיחות של מסה של 8 kg, היינו מתיחות של 4 cm.
התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 24 - שאלון השלמה

בגרף מופיע חלק של תאוצה אפס. בחלק זה התנועה היא שוות מהירות:
$X = v \cdot t$

ההעתק גדל בצורה לינארית (בקו ישר).
רק בגרף א' ההעתק בחלק זה גדל.
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 25 - שאלון השלמה

כדי שעוצמת הפוטנציאל תהיה אפס צריך מספר המטענים החיוביים להיות שווה למספר המטענים השליליים. המיקום לא משנה כי לפוטנציאל אין כיוון. (תשובה ב' לא נכונה)
כדי שעוצמת השדה החשמלי תהיה אפס צריכים כל שני מטענים שווי סימן להיות משני צידי ראשית הצירים כדי לבטל זה את זה. (תשובות ג' ו- ד' לא נכונות)
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 26 - שאלון השלמה

בין שני תיילים נושאי זרם באותו הכיוון יש כח משיכה. כל תיל מושך לכיוונו. רכיב ה- Y של התיילים A ו- C מבטל זה את זה ורכיב ה- X שלהם מצטרף לכח של התיל B כך שכל הכח הוא בכיוון X.
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 27 - שאלון השלמה

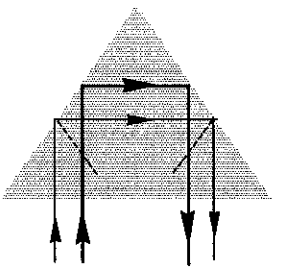
בתחילת החודש כאשר הירח לא נראה, האור המוקרן אליו מן השמש פוגע בצד שלא פונה אל כדור הארץ. המצב מתואר בציור C. שבוע אחר כך מגיע הירח למצב D.
התשובה הנכונה היא תשובה ד'.

פיתרון מספר 28 - שאלון השלמה

הזווית הקריטית יציאת אור מזכוכית לאויר היא:

$$\sin(\phi_C) = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.5} = 0.66 \implies \phi_C = 41^o48'$$

האור הפוגע במינסרה פוגע בדופן האחורית בזווית של 45° ולכן לא יוצא לאויר ומוחזר כולו.



קרן האור הפוגעת רחוק יותר מהמרכז תצא גם רחוק יותר מהמרכז.

התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 29 - שאלון השלמה

נשתמש בנוסחת העדשות: $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$

נציב $u = 10f$:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{10f} + \frac{1}{v} \implies v = \frac{10f}{9}$$

$$H = \left|\frac{v}{u}\right| = \frac{\frac{10f}{9}}{10f} = \frac{1}{9}$$

נציב $u = 5f$:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{5f} + \frac{1}{v} \implies v = \frac{5f}{4}$$

$$H = \left|\frac{v}{u}\right| = \frac{\frac{5f}{4}}{5f} = \frac{1}{4}$$

מרחק הדמות מהעצם גדל מ- $\frac{10}{9}$ מרחק המוקד ל- $\frac{5}{4}$ מרחק המוקד.

בתשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 30 - שאלון השלמה

שני הזעזועים שווים ולכן יבטלו זה את זה. נקודת האמצע תישאר ללא תנועה.
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 31 - שאלון השלמה

גודל פס אור בתבנית העקיפה ניתן בנוסחה: $\Delta X = \frac{\lambda \cdot L}{d}$

המרחק בין מרכז פס כהה ומרכז הפס הבהיר הוא מחצית מרוחב זה (ההנחה היא שרוחב הפס הכהה זניח לעומת רוחב פס האור) ולכן המרחק הוא $\frac{\lambda \cdot L}{2 \cdot d}$

התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 32 - שאלון השלמה

האנרגיה של פוטון היא: $E = h \cdot f$
זהו קשר לינארי. התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 33 - שאלון השלמה

הקטנת עוצמת האור לא משנה את האנרגיה הקינטית של האלקטרונים הנפלטים אבל מקטינה את מספרם.
התשובה הנכונה היא תשובה ג'.

פיתרון מספר 34 - שאלון השלמה

כדי שהיסוד יתקיים 2.6 sec צריכים לעבור שני זמני מחצית חיים. בכל אחד מהם ההסתברות לפירוק היא $\frac{1}{2}$ כך שסך הכל ההסתברות היא:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

התשובה הנכונה היא תשובה ג'.

בחינת בגרות ל-14 ו- 5 יחידות 1985

חלק א' – פרקי בחירה

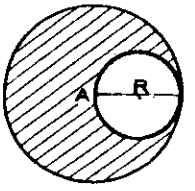
עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים: שאלה אחת מכל פרק.

פרק ראשון – מכניקה של גוף קשיח

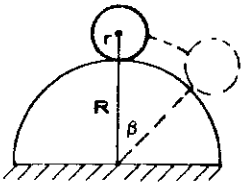
1. בכדור הומוגני (אחיד), שרדיוסו R ומסתו m, נקבו חלל בצורת כדור שקוטרו R (ראה ציור)

א. מצא את מרכז המסה של הכדור לאחר ניקוב החלל. (5 נקודות)

ב. מצא את מומנט ההתמד של הכדור (לאחר ניקוב החלל) סביב מרכז הכדור A. (5 נקודות)



2. חצי-כדור, שרדיוסו R, מונח על מישור. על חצי-הכדור, בנקודה הגבוהה ביותר מעל המישור, מונח כדור קטן מלא והומוגני, שרדיוסו r ומסתו m (ראה ציור). הכדור מתחיל להתגלגל ללא החלקה על פני חצי-הכדור.



א. מצא את $\cos\beta$ עבור הזוית שבה יינתק הכדור הקטן מהכדור הגדול. (6 נקודות)

ב. אלו הכדור הקטן היה מחליק (ללא גלגול) על גבי חצי-הכדור, האם היה ניתק מחצי-הכדור באותה זוית? נמק! (4 נקודות)

פרק שני – אנרגית החום (תרמודינמיקה)

3. א. מהו תהליך איזותרמי, ומהו תהליך אדיאבטי? צייר באותה מערכת צירים איזותרמה ואדיאבטה. (4 נקודות)

ב. 160 גרם חמצן, בלחץ 1 אטמוספירה ובטמפרטורה של 27°C, נדחסים אדיאבטית ללחץ של 10 אטמוספירות.

חשב את:

(1) הנפח והטמפרטורה הסופיים של החמצן הנדחס.

(2) עבודת הדחיסה.

(3) השינוי באנרגיה הפנימית. (6 נקודות)

4. א. תאר באופן גרפי את העבודה במחזור קרנו (Carnot). הסבר כל שלב. (6 נקודות)

ב. חשב את השינוי באנטרופיה של 420 גרם חנקן, המתקררים בלחץ קבוע מ- 1600°C ל- 200°C.

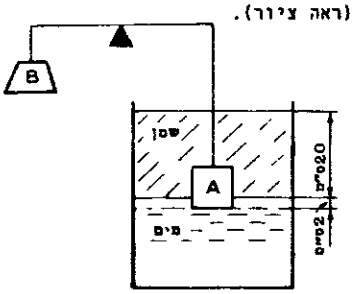
הנח כי החום הסגולי אינו משתנה.

היעזר בנוסחת האנטרופיה: $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$, (4 נקודות)

פרק שלישי - תורת הנוזלים והגזים

.5

בצדם האחד של מאזניים שווי-זרועות תלויה קוביה A, שאורך מקצועה 10 סיימ. הקוביה מרחפת בתוך מים ושמן, הנתונים בכלי בשתי שכבות (ראה ציור).



פאתה התחתונה של הקוביה שקועה בעומק 2 סיימ מתחת למשטח המפריד בין המים לבין השמן.

עובי שכבת השמן 20 סיימ. צפיפות השמן 0.5 גרם לסמייק.

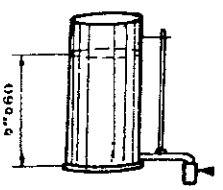
בצדם השני של המאזניים תלויה משקולת B, שמסתה 50 גרם, המאזנת את המאזניים.

א. מהי מסת הקוביה A? (6 נקודות)

ב. מהו הלחץ ההידרוסטטי על הפאה התחתונה של הקוביה A? (4 נקודות)

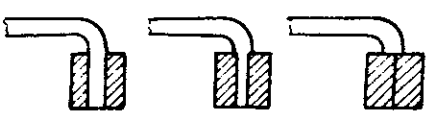
.6

בקצה צינור יציאת המים מן המיחם מותקן ברז. ברז זה מווסת את זרם המים על-ידי שינוי בשטח החתך של הצינור (ראה ציורים).



ממדי הצינור והברז קטנים יחסית לממדי המיחם ונוחים להדגמה.

על צינור יציאת המים ובמאונך לו מורכב צינור זכוכית פתוח מלמעלה.



הברז פתוח במלואו — הברז פתוח בחלקו — הברז סגור

נתון:

גובה פני המים במיחם - 60 סיימ.

צפיפות המים החמים - 0.95 גרם לסמייק.

חתך הרוחב של הצינור ליציאת המים - 1 סמייר.

א. מסובבים את ידית הברז עד ששטח החתך של הצינור הוא 0.25 סמייר.

(1) בכמה שניות תתמלא כוס שקיבולה 0.25 ליטר? (4 נקודות)

(2) חשב את גובה המים בצינור הזכוכית. (4 נקודות)

ב. מה יהיה גובה המים בצינור הזכוכית -

(1) כאשר הברז פתוח במלואו? נמק! (נקודה אחת)

(2) כאשר הברז סגור? נמק! (נקודה אחת)

פרק רביעי – תורת היחסות הפרטית

7. טיל דמיוני, שאורכו העצמי 60 מטר, נע במהירות 0.6c ביחס למערכת S. אסטרונאוט הנמצא בטיל וצופה הנמצא במערכת S מאפסים את שעוניהם ברגע שבו חרטום הטיל חולף על פני ראשית הצירים של מערכת S. בו בזמן, נשלח הבזק אור מחרטום הטיל אל זנבו.

א. כעבור כמה זמן, מרגע איפוס השעונים, יגיע הבזק האור לזנב הטיל, לפי שעונו של האסטרונאוט? (3 נקודות)

ב. כעבור כמה זמן, מרגע איפוס השעונים, יגיע הבזק האור לזנב הטיל, לפי שעונו של הצופה? (3 נקודות)

ג. כעבור כמה זמן, מרגע איפוס השעונים, יגיע זנב הטיל אל ראשית הצירים של מערכת S, לפי שעונו של הצופה? (4 נקודות)

8. א. חלקיק שמסתו m, הנמצא במנוחה, מתפרק לשני חלקים, שמסותיהם m_1 ו-m_2 ומהירויותיהם v_1 ו-v_2, בהתאמה. הראה כי $m > m_1 + m_2$ (5 נקודות)

ב. חלקיק בעל מסת מנוחה m_0 נע במהירות 0.8c ומתנגש בחלקיק זהה הנמצא במנוחה ונבלע בו.

מהי מהירותו של החלקיק הנוצר, ומהי מסתו? (5 נקודות)

פרק חמישי – זרם חילופין

9. על נורה רשום 60W 120V.

נורה זו מחוברת לרשת של זרם חילופין, המספקת מתח גבוה מ-120 וולט.

כדי שהנורה תפעל באורה המלא, מחברים אליה בטור סליל אידיאלי, ואז גורם ההספק (cosφ) של המעגל הוא 0.545.

א. מצא את העכבה Z ואת ההיגב השראי X_L. (4 נקודות)

ב. מהו מתח הרשת? (2 נקודות)

ג. איזה נגד ניתן לחבר בטור לנורה, במקום הסליל, כך שהנורה תפעל בהספקה הרשום? (2 נקודות)

ד. איזו שיטה יעילה (חסכונית) יותר: חיבור בטור של סליל אידיאלי, או חיבור בטור של נגד? נמק! (2 נקודות)

10.

כמפעל מסוים מופעלים כו בזמן מספר אלקטרומגנטים גדולים, בעלי השראות גבוהה. מתח הרשת הוא 220 וולט, ותדירות הזרם 50 הרץ.

הזרם האפקטיבי במפעל הוא 1800 אמפר.

המונה של חברת החשמל מראה על צריכה של 1320 קילווט-שעה במשך משמרת של 8 שעות.

א. מהו גורם ההספק (cosφ)? (נקודה אחת)

ב. האם הזרם מפגר אחרי המתח או מקדים אותו? הסבר! (2 נקודות)

ג. אלא גורם ההספק היה 1, איזה זרם אפקטיבי היה דרוש במפעל, כדי לקבל אותו הספק באותו מתח? (2 נקודות)

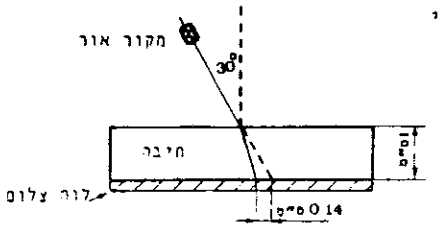
ד. חברת החשמל דורשת לחבר קבל במקביל לכניסת המתח למפעל.

הסבר מדוע משפר חיבור קבל כזה את גורם ההספק, וחשב את קיבול הקבל הדרוש כדי שגורם ההספק יהיה 1. (4 נקודות)

ה. מדוע מעוניינת חברת החשמל שגורם ההספק יהיה קרוב ל-1? (נקודה אחת)

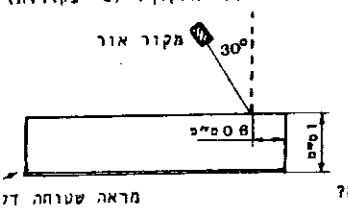
פרק שישי - תורת האור והגלים

.11 על מנת למדוד את מהירות האור בחומר פלסטי שקוף, ערכו את הניסוי הבא (ראה ציור):
הניחו תיבה עשויה מהחומר הזה על לוח הצילום;
הקרינו את המשטח העליון של התיבה על-ידי קרן אור מונוכרומטי (חד-צבעי);
סימנו את נקודת הפגיעה של קרן האור על לוח הצילום;
הורידו את התיבה מלוח הצילום;
הקרינו את לוח הצילום על-ידי אותה קרן אור, ושוב סימנו את נקודת הפגיעה על לוח הצילום.



המרחק בין שתי נקודות הפגיעה על לוח הצילום היה 0.14 סמ, תדירות האור - 6×10^{14} הרץ, זוית הפגיעה - 30° וגובה התיבה - 1 סמ.

א. חשב את מקדם השבירה של החומר הפלסטי השקוף עבור האור הפוגע. (4 נקודות)
ב. חשב את מהירות האור הפוגע בתוך החומר הפלסטי. (2 נקודות)
ג. עבור האור הפוגע, מהם אורכי הגל שלו באויר ובחומר הפלסטי השקוף? (2 נקודות)
ד. מניחים את התיבה על מראה שטוחה, דקה מאוד.
מקרינים את המשטח העליון של התיבה על-ידי אותה קרן אור ובאותה זוית.
קרן האור פוגעת בתיבה במרחק 0.6 סמ מהקצה הימני.
האם קרן האור תצא דרך הדופן הצדדית של התיבה?
נמק. (2 נקודות)



.12 בניסוי שבו הקרינו אור חד-צבעי על שיקופית בעלת שני סדקים זהים, נוצרה תבנית המאת בתוכה את הקוים האופייניים לתבנית עקיפה בסדק יחיד, ואת הקוים האופייניים לתבנית התאבכות בשני סדקים.

א. מהי הסיבה להופעת תבנית העקיפה יחד עם תבנית ההתאבכות? (4 נקודות)
ב. הוכח, שמספר הפסים הבהירים באזור המרכזי של תבנית העקיפה אינו תלוי באורך הגל של האור המוקרן ובמרחק בין השיקופית לבין מקור האור. (3 נקודות)
ג. מה הוא רוחבו של כל סדק בשיקופית אם המרחק בין שני הסדקים הוא 0.19 מילימטר ובאזור המרכזי של תבנית העקיפה מתקבלים 7 פסים בהירים של תבנית ההתאבכות? (3 נקודות)

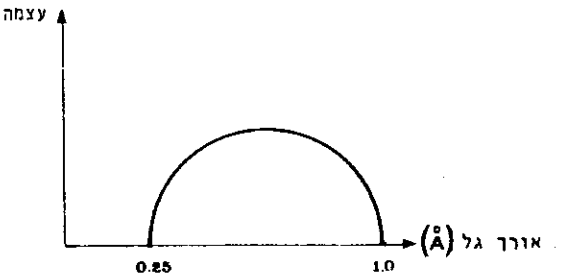
פרק שביעי - פיסיקה מודרנית

.13 מקור אור מונוכרומטי (חד-צבעי) ובעל אורך גל 5500Å מספק אנרגיה של 10^{-12} ג'ול בשני
א מה מספר הפוטונים שמקור האור מספק בשנייה? (2 נקודות)
ב. לוח מתכת מסוים הוקרן במקור האור הנתון, ונפלטו ממנו אלקטרונים בעלי אנרגיה שלא עלתה על 1.02 אלקטרון-וולט. כאשר לוח מתכת זה הוקרן במקור אור אחר בעל אורך גל 4800 Å, נפלטו ממנו אלקטרונים שהאנרגיה שלהם לא עלתה על 1.35 אלקטרון-וולט.
חשב את הקבוע של פלנק, לפי נתונים אלה. (5 נקודות)
ג. האם ניתן לבצע ניסוי כמתואר בסעיף ב ולחשב את קבוע פלנק בכל סוג מתכת?
נמק. (3 נקודות)

.14 א. חשב את אורך הגל של אלקטרונים הנעים במהירות 10^7 מטר לשנייה. (2 נקודות)

ב. כיצד ניתן להבחין בין אלומת אלקטרונים לבין אלומת פוטונים, אם אורך הגל שלהם שווה? (4 נקודות).

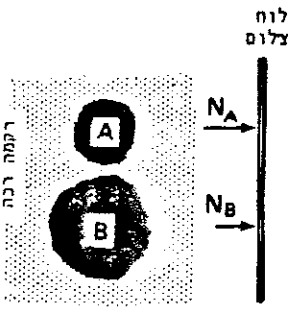
ג. בציור מתוארת עצמת הקרינה של ספקטרום קרני x הנפלטות משפופרת רנטגן.
חשב את האנרגיה המקסימלית של פוטון בקרינה הזאת. (4 נקודות)



פרק שמיני - פיסיקה בשרות האיבחון הרפואי

.15 א. הסבר מדוע קרינת x מונחתת במידה רבה יותר על-ידי רקמת עצם מאשר על-ידי רקמה רכה. (2 נקודות).

ב. מבצעים צילום רנטגן של אזור המכיל שתי עצמות A ו B, כמתואר בציור.
עוביה של עצם A הוא כ-1 ס"מ
ועוביה של עצם B הוא כ-3 ס"מ.
באיזו אנרגיה ממוצעת של קרינת x
תתקבל התמונה הברורה ביותר של העצמות? נמק.
(2 נקודות)



ג. N_A ו-N_B (בציור) הן עוצמות הקרינה המגיעות ללוח הצילום, לאחר שחדרו באזורים המכילים את העצם A ואת העצם B בהתאמה.
הערך את היחס $\frac{N_A}{N_B}$. (3 נקודות)

ד. איזה מבין שני תצלומי הרנטגן הבאים יהיה בעל ניגודיות גבוהה יותר (בערך מוחלט):
תצלום של חלל אויר שגודלו כ-1 ס"מ בתוך רקמת עצם, או תצלום של אזור שגודלו כ-5 מ"מ, המכיל מלח ברזיום בתוך רקמה רכה? נמק! (3 נקודות)

.16 בבדיקה מסוימת מחדירים לגוף 10mCi של עוקב המסומן ב ^{131}I (יוד).
הבדיקה מתבצעת כעבור 24 שעות מזמן החדרת העוקב לגוף.
בזמן הבדיקה נקלטת מתוך הגוף פעילות של 6.5mCi.

א. חשב את קבוע הדעיכה השקול של העוקב בגוף (3 נקודות)

ב. חשב את זמן מחצית החיים הביולוגי של העוקב. (3 נקודות)

ג. חשב את פעילות העוקב שנותר בגוף לאחר 7 ימים מזמן החדרת העוקב. (2 נקודות)

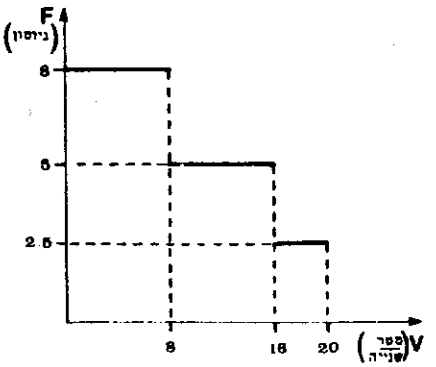
ד. איזה מבין שני סוגי הקרינה הבאים הוא בעל כושר חדירה גדול יותר ברקמה רכה -
קרינת γ הנפלטת מ- ^{99}Tc, או
קרינת γ הנפלטת מ- ^{131}I? נמק! (2 נקודות)

חלק ב' - מכניקה

עליך לענות על שתים משלוש השאלות 17 - 19.

17.

הגרף שבציור מתאר את הקשר בין מהירותו v של גוף לבין הכוח F המופעל עליו. (בתחילת פעולתו של הכוח נמצא הגוף במנוחה).
מסת הגוף 5 ק"ג.

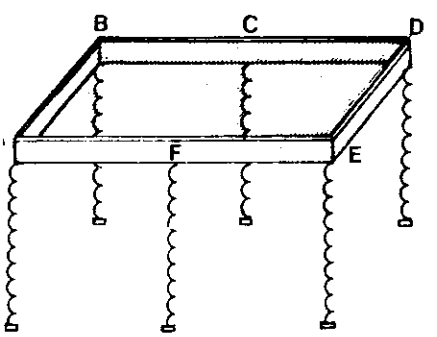


א. שרטט גרף המתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן שבו פועל עליו הכוח. (6 נקודות)

ב. מהי עבודת הכוח ב-5 השניות הראשונות לפעולתו? (3 נקודות)

ג. מהי האנרגיה הקינטית של הגוף לאחר 10 השניות הראשונות לפעולת הכוח? (3 נקודות)

ד. מהי העבודה הכוללת של הכוח הפועל על הגוף - מתחילת תנועתו של הגוף עד הגיעו למהירות של 20 מטר לשנייה? (3 נקודות)



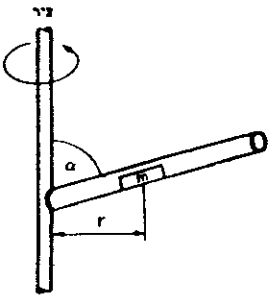
18. גוף מלבני, שמסתו 20 ק"ג, נשען על 6 קפיצים זהים, כמתואר בתרשים. כאשר מעמיסים במרכזו של הגוף המלבני גוף נוסף, שמסתו 10 ק"ג, הוא שוקע בשיעור של 10 ס"מ.

א. מהו קבוע הכוח של כל אחד משש הקפיצים? (5 נקודות)

ב. הגוף המלבני העמוס מתחיל להתנודד מעלה-מטה (אך הוא נשאר כל הזמן במצב מאוזן). מהו זמן המחזור של תנודותיו? (5 נקודות)

ג. נניח כי הקפיצים המחוברים לנקודות C ו-F נשברו. כיצד ישפיע הדבר על זמן המחזור של תנודות הלוח? נמק! (5 נקודות)

.19 צינור מולחם בקצהו לציר בזוית נטייה α, השווה ל- 75° (ראה ציור).
גוף שמסתו m מונח בתוך הצינור במרחק r מהציר (r=10 ס"מ).
מקדם החיכוך μ בין הגוף לצינור הוא 0.5.



א. העתק למחברתך את הסרטוט הנתון, וסמן בו את כל הכוחות הפועלים על הגוף במצב מנוחה.
האם במצב זה יזוז הגוף ממקומו? נמק.
(4 נקודות)

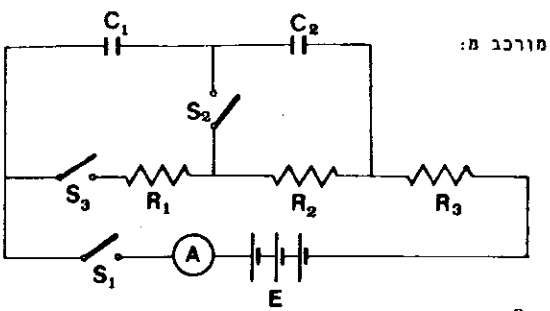
ב. מתחילים לסובב את הציר במהירות זוויתית הולכת וגדלה.
באיזה כיוון (מעלה או מטה) ינוע הגוף, כאשר הוא יינתק ממקומו? נמק. (3 נקודות)

ג. מהי המהירות הזוויתית המינימלית הדרושה על מנת שהגוף יינתק ממקומו? (8 נקודות)

חלק ב' – חשמל

עליך לענות על שתים משלוש השאלות 22 – 20.

.20 המעגל החשמלי המתואר בציור מורכב מ:



מקור מתח E
שני קבלים C_1, C_2
שלושה נגדים R_1, R_2, R_3
שלושה מפסקים S_1, S_2, S_3
אמפרמטר A

נתון: $C_1 = 4\mu F$ $C_2 = 10\mu F$
$R_1 = R_3 = 100\Omega$ $R_2 = 50\Omega$
$E = 60V$

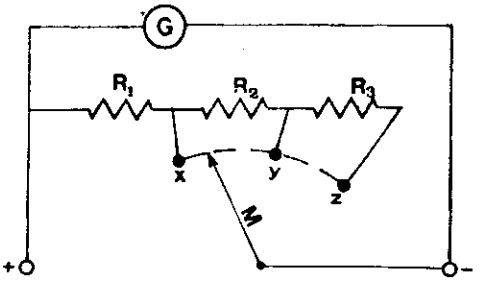
ההתנגדויות הפנימיות של מקור המתח ושל האמפרמטר זניחות.

חשב את המטען על כל אחד מהקבלים C_1 ו- C_2 ואת הזרם שמראה האמפרמטר A, בכל אחד מהמקרים הבאים:

א. מפסק S_1 בלבד סגור; (5 נקודות)

ב. מפסקים S_1 ו- S_2 סגורים; (5 נקודות)

ג. כל המפסקים S_1, S_2, S_3 סגורים. (5 נקודות)



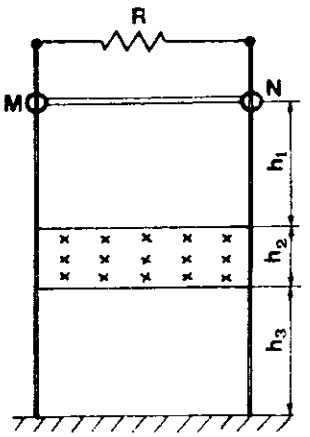
21. א. בציור מתואר מכשיר מדידה המורכב מגלוונומטר G ומשלושה נגדים R_1, R_2, R_3.
למכשיר זה שלושה תחומי מדידה הנבררים על ידי המתג M.
את המכשיר מחברים למעגל באמצעות ההדקים המסומנים + ו - .

(1) האם מכשיר זה הוא אמפרמטר או וולטמטר? נמק! (4 נקודות)
(2) באיזה מצב של המתג M (מחובר ל x ל y או ל z) תחום המדידה של המכשיר הוא הקטן ביותר? נמק! (4 נקודות)

ב. וולטמטר שהתנגדותו R מראה על 1 וולט בסטייה מלאה של המחוג. כדי להפוך אותו לוולטמטר המראה 5 וולט בסטייה מלאה של המחוג, מחברים לו נגד בן R_x אוֹם.

(1) הסבר, בעזרת ציור סכֶמטי, כיצד יש לחבר את הנגד לוולטמטר. (3 נקודות)
(2) בטֵא את R_x באמצעות R. נמק את תשובתך! (4 נקודות)

22. נַגָד R מחובר בקצותיו לשתי מסילות אנכיות חסרות התנגדות (ראה ציור).
מוט מוליך אופקי MN, חסר התנגדות, שאורכו ℓ ומסתו m, מתחיל להחליק, ללא חיכוך, ממצב מנוחה על גבי המסילות.



לאחר שהמוט עובר מרחק של h_1, הוא נכנס לשדה מגנטי אחיד B שגובהו h_2.
השדה המגנטי מאונך למישור תנועתו של המוט המוליך (קוֵי השדה נכנסים לתוך הדף, כמתואר בציור).

בצאתו מאזור השדה המגנטי, עובר המוט המוליך מרחק נוסף של h_3, עד שהוא פוגע ברצפה.

נתון: $\ell = 20$ cm
$m = 70$ gr
$R = 0.5\ \Omega$
$h_1 = 40$ cm

א. חשב את B, בהנחה שתנועת המוט המוליך בשדה המגנטי קצובה. (6 נקודות)
ב. חשב את h_2 ו- h_3, אם ידוע שהזמן הכולל של תנועת המוט המוליך (מתחילת תנ עד הפגיעה ברצפה) הוא 0.5 שניות, ומהירותו ברגע הפגיעה היא 4.2 מטרים ל (3 נקודות)
ג. חשֵב את כמות החום (בגיול) המתפתחת בנַגָד R, בזמן תנועתו של המוט המוליך. (6 נקודות)

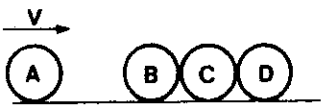
חלק ד' – שאלון השלמה

עליך לענות על עשר משתים עשרה השאלות 34 – 23.

23. גוף מחליק ממצב של מנוחה, ללא חיכוך, במורד מדרון שאורכו ℓ.
באיזה מרחק מראש המדרון תהיה מהירות הגוף שווה למחצית מהירותו בתחתית המדרון?

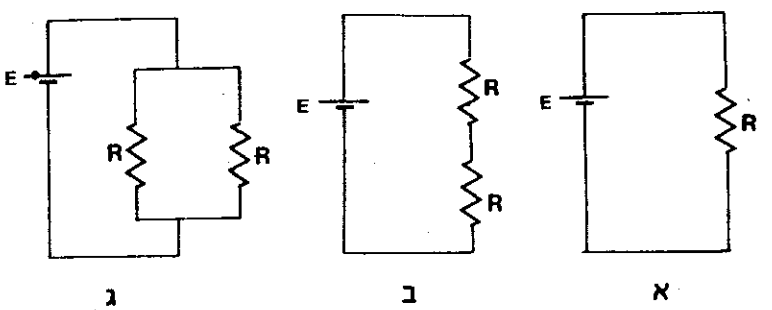
א. $\frac{\ell}{4}$ ב. $\frac{\ell}{2}$ ג. $\frac{\ell}{\sqrt{2}}$ ד. $\frac{3\ell}{4}$

24. ארבעה כדורים D,C,B,A, הזהים במסתם ונפחם, מונחים על משטח חלק. הכדורים D,C,B מונחים זה לצד זה. הכדור A נמצא במרחק מסוים משמאל לכדור B (ראה ציור).
כדור A נע במהירות קבועה v
ומתנגש התנגשות אלסטית
בכדור B.
באיזו שורה רשומות המהירויות הנכונות
של ארבעת הכדורים לאחר ההתנגשות?



	A	B	C	D
א.	0	0	0	v
ב.	$\frac{-v}{2}$	0	0	$\frac{v}{2}$
ג.	$-v$	$\frac{v}{3}$	$\frac{v}{3}$	$\frac{v}{3}$
ד.	$-v$	0	0	v

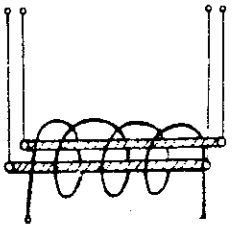
25. נתונים שלושה מעגלים חשמליים. בכל מעגל נמצא אותו מקור מתח קבוע, שהתנגדותו הפנימית זניחה. כל הנגדים זהים (ראה ציור).



באיזה מהמעגלים יתפתח ההספק הגדול ביותר?

א. במעגל א
ב. במעגל ב
ג. במעגל ג
ד. בכל המעגלים יתפתח אותו הספק

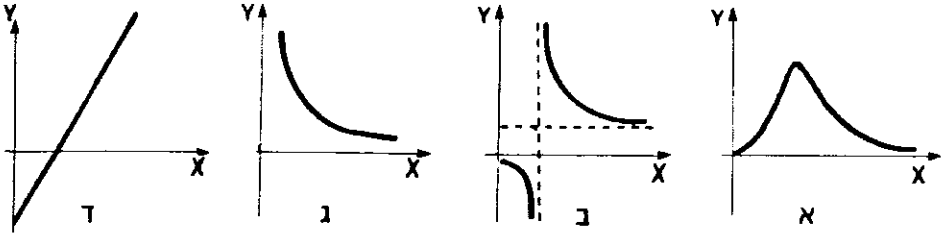
26. שני מוטות מברזל רך הלויים במצב אופקי על חוטי ניילון דקים, הירודים מהתקרה. המוטות מקבילים זה לזה, המרחק ביניהם 2 מ"מ, והם נמצאים בתוך סליל ארוך (ראה ציור) כאשר מזרימים זרם ישר דרך הסליל -



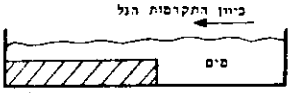
א. המוטות דוחים זה את זה.
ב. המוטות נמשכים זה לזה.
ג. המוטות נשארים במצבם המקורי, כמו לפני הזרמת הזרם.
ד. אי-אפשר לדעת מה יקרה, כיוון שלא נתון כיוון הזרם.

27. מהו סדר הגודל בדיאופטריות של עוצמת העדשה בעין של אדם מבוגר?
א. 1
ב. 5
ג. 50
ד. 500

28. איזה מבין הגרפים הבאים מתאר נכונה את מרחק הדמות y מעדשה מרכזת (מכנסת) כפונקציה של מרחק העצם x מאותה עדשה?



29. גל מתקדם במים שבאמבט גלים מאזור עמוק לאזור רדוד יותר. איזו מהשורות שבטבלה הבאה מתארת נכונה את השינוי במהירות הגל ובאורכו?



	מהירות הגל	אורך הגל
א.	גדלה	גדל
ב.	קטנה	גדל
ג.	קטנה	קטן
ד.	גדלה	קטן

30. בתבנית עקיפה של אור מונוכרומטי (חד-צבעי), בעל אורך גל λ, רוחב הפס הבהיר שנמצא באמצע תבנית ההתאבכות (המקסימום המרכזי) הוא 0.9 מ"מ.
מהו רוחב הפס הבהיר הקרוב ביותר למקסימום המרכזי?
א. 0.3 מ"מ
ב. 0.45 מ"מ
ג. 0.9 מ"מ
ד. 1.8 מ"מ

31. איזו תופעה מבין התופעות הבאות אין המודל החלקיקי של האור מצליח להסביר?

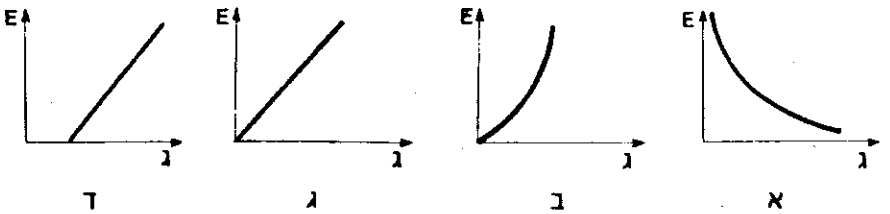
א. האור מתפשט בקווים ישרים

ב. האפקט הפוטואלקטרי

ג. זוית ההחזרה שווה לזוית הפגיעה

ד. מהירות האור בתווך חומרי כלשהו קטנה ממהירותו בריק

32. איזה מבין הגרפים הבאים מתאר נכונה את הקשר בין האנרגיה של גל מתקדם E לבין אורך הגל λ?



33. האנרגיה של אור מונוכרומטי (חד-צבעי) באורך גל של 4500Å היא 2.75 אלקטרון-וולט. אור זה פוגע בקתודה של תא פוטואלקטרי. פונקציית העבודה של החומר שממנו עשויה הקתודה היא 1.85 אלקטרון-וולט.

סמן את המשפט הנכון מבין המשפטים הבאים:

א. האנרגיה הקינטית של כל האלקטרונים הנפלטים מן הקתודה היא 0.9 אלקטרון-וולט.

ב. האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים מן הקתודה היא 0.9 אלקטרון-וולט.

ג. האנרגיה הקינטית המקסימלית של האלקטרונים הנפלטים מן הקתודה היא 2.75 אלקטרון-וולט.

ד. אלקטרונים אינם נפלטים מן הקתודה, כיוון שפונקציית העבודה של החומר שממנו עשויה הקתודה גדולה מדי.

34. להלן תיאור של חלק מתהליך התפרקות רדיואקטיבית:

$$^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th \rightarrow ^{234}_{91}Pa \rightarrow ^{234}_{92}U \rightarrow ^{230}_{90}Th$$

החלקיקים הנפלטים לפי הסדר (משמאל לימין) בתהליך המתואר הם:

א. βααβ ג. αββα

ב. βαβα ד. αβαβ

בהצלחה!

תשובות סופיות - מבחן 1985

1. א. $\frac{R}{14}$ משמאל למרכז הכדור הגדול. ב. $I = 0.356 \cdot m \cdot R^2$

2. א. $\beta = 54^0$ ב. $\beta = 48^0 11'$

3. ב. (1) $T = 579^0K$ $V = 0.1234\ m^3$ (2) $W = -2.9 \cdot 10^4\ J$

(3) $\Delta H = 2.9 \cdot 10^4\ J$

4. ב. $\Delta S = 580\ \frac{J}{K^0}$

5. א. $m = 650\ gr$ ב. $P = 12\ \frac{gr}{cm^2}$

6. א. $t = 2.89\ sec$ ב. $h = 56.25\ cm$ ג. $h = 0$ ד. $h = 60\ cm$

7. א. $t = 2 \cdot 10^{-7}\ sec$ ב. $t = 10^{-7}\ sec$ ג. $t = 2.67 \cdot 10^{-7}\ sec$

8. ב. $v = \frac{c}{2}$ $m = 2.3 \cdot m_0$

9. א. $Z = 440.4\ \Omega$ $X_L = 369.22\ \Omega$ ב. $V = 220.18\ V$

ג. $I = 200.37\ \Omega$ ד. סליל אידאלי

10. א. $\cos(\phi) = 0.75$ ב. מפגר ג. $I = 750\ A$ ד. $C = 9.57 \cdot 10^{-3}\ F$

11. א. $n = 1.248$ ב. $v = 2.404 \cdot 10^8\ \frac{m}{sec}$ ג. $\lambda = 4006\ Å$

ד. האור לא יצא בנקודה C $66^0 36' > 53^0$

12. ג. $w = 5.43 \cdot 10^{-5}\ m$

13. א. $n = 2.76 \cdot 10^6$ ב. $h = 6.638 \cdot 10^{-34}\ J \cdot sec$

14. א. $\lambda = 0.728\ Å$ ב. $E = 49,725\ eV$

15. ג. $\frac{N_A}{N_B} = 91.8$

16. א. $0.43\ \frac{1}{day}$ ב. $T_{1/2} = 2\ day$ ג. $0.5\ mCi$

17. ב. $W = 160\ J$ ג. $E_K = 422.5\ J$ ד. $W = 1000\ J$

18. א. $K = 166.7\ \frac{N}{m}$ ב. $T = 1.088\ sec$ ג. $T = 1.33\ sec$

19. א. הגוף ישאר במקומו. ב. החוצה ג. $\omega = 9.42\ \frac{rad}{sec}$

20. א. $I = 0\ ;\ Q_1 = Q_2 = 1.71 \cdot 10^{-4}\ C$

ב. $I = 0\ ;\ Q_1 = 2.4 \cdot 10^{-4}\ ;\ Q_2 = 0$

ג. $I = 0.24\ A\ ;\ Q_1 = 9.6 \cdot 10^{-4}\ C\ ;\ Q_2 = 1.2 \cdot 10^{-4}\ C$

21. א. (1) אמפרמטר. (2) במצב Z ב. $R_X = 4 \cdot R$

22. א. $B = 1.759\ T$ ב. $h_2 = 0.266\ m\ ;\ h_3 = 0.482\ m$

ג. $Q = 0.158\ J$

23. א' 24. א' 25. ג' 26. א' 27. ג' 28. ב' 29. ג'

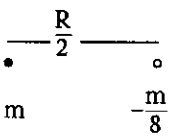
30. ב' 31. ד' 32. א' 33. ב' 34. ג'

פיתרון מספר 1 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. הדרך הנוחה ביותר להתיחס לחור הוא בצורת מסה שלילית.
מכיוון שמרכז המסה של כדור הוא במרכזו הרי לפנינו בעצם שתי מסות נקודתיות.
נמצא את יחס הנפחים בין הכדור המלא והחור שבו.

$$V_{\text{כדור}} = \frac{4}{3}\cdot\pi\cdot R^3 \qquad V_{\text{חור}} = \frac{4}{3}\cdot\pi\cdot\left(\frac{R}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}\cdot\left(\frac{4}{3}\cdot\pi\cdot R^3\right) = \frac{V_{\text{כדור}}}{8}$$

מכיוון שיחס הנפחים הוא 1:8 גם יחס המסות הוא 1:8 .
המסות הן לכן:



נחשב את מרכז המסה ביחס למרכז הכדור.

$$R_{C.M.} = \frac{\frac{R}{2}\cdot\left(-\frac{m}{8}\right)}{m + \left(-\frac{m}{8}\right)} = -\frac{R}{14}$$

מרכז המסה הוא במרחק של $\frac{R}{14}$ שמאלה ממרכז הכדור.

ב. מומנט ההתמד הכללי הוא סכום מומנטי ההתמד של הכדור המלא ושל החור:

$$I_{\text{כללי}} = I_{\text{כדור}} + I_{\text{חור}}$$

$$I_{\text{כדור}} = \frac{2}{5}\cdot m\cdot R^2$$

לחישוב מומנט ההתמד של החור נשתמש במשפט שטיינר בין מרכז החור ומרכז הכדור:

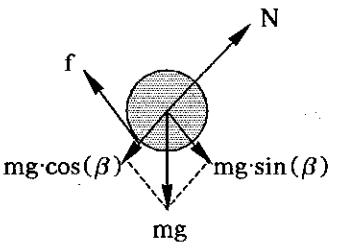
$$I_{\text{חור}} = I_0 - \frac{m}{8}\cdot\left(\frac{R}{2}\right)^2 = \frac{2}{5}\cdot\left(-\frac{m}{8}\right)\cdot\left(\frac{R}{2}\right)^2 - \frac{m}{8}\cdot\left(\frac{R}{2}\right)^2 = -\frac{7\cdot m\cdot R^2}{160}$$

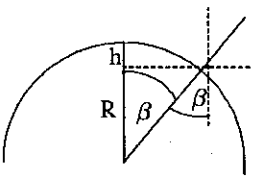
לכן:

$$I_{\text{כללי}} = \frac{2}{5}\cdot m\cdot R^2 - \frac{7\cdot m\cdot R^2}{160} = 0.356\cdot m\cdot R^2$$

פיתרון מספר 2 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. נזהה את הנקודה בה ניתק הכדור כנקודה בה מתאפס הכח הנורמלי הפועל עליו כי הכח הזה מופעל על ידי המשטח ומפסיק לפעול בניתוק.
הכוחות הפועלים על הכדור הם:
(הפעם הזווית נתונה בצורה שונה וצריך להיזהר לא להתבלבל)





התנועה המעגלית היא בכיוון מרכז הכדור, ולכן:

$$\Sigma F_R = m \cdot a_R = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$mg \cdot \cos(\beta) - N = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

ברגע הניתוק (N=0):

$$\cos(\beta) = \frac{v^2}{R \cdot g}$$

נמצא את המהירות בעזרת שיקולי אנרגיה.
בראש המשטח האנרגיה היא פוטנציאלית בלבד. (נבחר את מישור היחוס בנקודת ההתנתקות כך שבנקודה הזו הגובה הוא h)
בנקודת ההתנתקות הגובה הוא אפס והאנרגיהיא קינטית של מרכז המסה ושל סיבוב:

$$mg \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

נשתמש בקשר בין מהירות זוויתית וקווית בגלגול ללא החלקה: $v = \omega \cdot R$

ובנוסחת מומנט ההתמד של כדור: $I = \frac{2}{5} \cdot m \cdot R^2$ ונקבל:

$$mg \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2}{5} \cdot m \cdot R^2\right) \cdot \left(\frac{v}{R}\right)^2 = \frac{7}{10} \cdot m \cdot v^2$$

ומכאן: $v^2 = \frac{10 \cdot g \cdot h}{7}$.

נציב זאת בביטוי שקיבלנו ל- $\cos(\beta)$:

$$\cos(\beta) = \frac{v^2}{R \cdot g} = \frac{10 \cdot g \cdot h}{7 \cdot R \cdot g} = \frac{10 \cdot h}{7 \cdot R}$$

הגובה h הוא: $h = R - R\cdot\cos(\beta) = R\cdot[1-\cos(\beta)]$

ולכן: $\cos(\beta) = \frac{10}{7}\cdot[1-\cos(\beta)] \Longrightarrow \cos(\beta) = 0.588 \Longrightarrow \beta = 54^0$

ב. אם היתה החלקה ללא גלגול לא היתה אנרגיה של סיבוב:

$$mg\cdot h = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 \Longrightarrow v^2 = 2\cdot g\cdot h$$

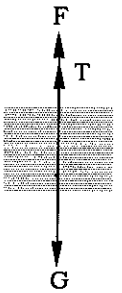
נשתמש במשוואה שקיבלנו משקול הכוחות ונציב בה את הביטוי ל- h:

$$\cos(\beta) = \frac{v^2}{R\cdot g} = \frac{2\cdot g\cdot h}{R\cdot g} = \frac{2\cdot h}{R} = 2\cdot[1-\cos(\beta)]$$

$$\cos(\beta) = \frac{2}{3} \Longrightarrow \beta = 48^0 11'$$

פיתרון מספר 5 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. משקלה המדומה G' של הקוביה A הוא 50 gr כי היא מאוזנת במצב זה עם הקוביה B, על ידי המתיחות T. $T = G'$
משקלה המדומה של הקוביה נגרם עקב שקול הכוחות המורכב ממשקלה האמיתי (G) ומכוח העילוי (F) :
כח העילוי שווה למשקל הנוזל שנדחה.
נוזל זה מורכב משניים.



8 cm שקועים בשמן כך שמשקל השמן שנדחה הוא:

$$G_{\text{שמן}} = \rho_1\cdot V_1 = 0.5\cdot 8\cdot 10^2 = 400\,gr$$

2 cm שקועים במים כך שמשקל המים שנדחו הוא:

$$G_{\text{מים}} = \rho_2\cdot V_2 = 1\cdot 2\cdot 10^2 = 200\,gr$$

כך שמשקל הנוזל שנדחה הוא F=600 gr.

המשקל האמיתי הוא:

$$G = F + G' = 600 + 50 = 650\ gr$$

ולכן מסת הקוביה היא 650 gr.

ב. הלחץ ההידרוסטטי על הפיאה התחתונה הוא תוצאה של עמוד שמן של 20 cm ועמוד מים של 2 cm:

$$P = h_1\cdot d_1 + h_2\cdot d_2 = 20\cdot 0.5 + 2\cdot 1 = 12\ \frac{gr}{cm^2}$$

פיתרון מספר 6 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. נמצא את מהירות יציאת המים מהברז בעזרת משוואת ברנולי:

$$\frac{P_1}{\rho\cdot g}+\frac{v_1^2}{2g}+y_1=\frac{P_2}{\rho\cdot g}+\frac{v_2^2}{2g}+y_2$$

נשווה את הנקודה התחתונה במיכל (1) ונקודת יציאת המים (2) נסמן את לחץ האויר החיצוני ב- P_0.

הנתונים הם: $P_1 = P_0 + \rho\cdot g\cdot h \;;\; y_1 = 0 \;;\; v_1 = 0$

$P_2 = P_0 \;;\; y_2 = 0 \;;\; v_2 = ?$

נציב ונקבל:

$$h=\frac{v_2^2}{2g} \Longrightarrow v_2=\sqrt{2\cdot g\cdot h}=\sqrt{2\cdot 10\cdot 0.6}=3.464\,\frac{m}{sec}$$

הספיקה של הצינור היא:

$$Q=S\cdot v=0.25\cdot 346.4=86.6\,\frac{cm^3}{sec}=0.0866\,\frac{L}{sec}$$

הזמן עד שתתמלא הכוס הוא: $t=\frac{V}{Q}=\frac{0.25}{0.0866}=2.89\ sec$

נמצא את מהירות המים מתחת לצינור האנכי (נקודה 3) בעזרת משוואת הרציפות. באיזור זה שטח החתך של הצינור הוא שטח החתך המכסימלי של $1\ cm^2$ ולא שטח החתך של $0.25\ cm^2$ בנקודת היציאה.

$$S_3\cdot v_3=S_2\cdot v_2 \Longrightarrow v_3=v_2\cdot\frac{S_2}{S_3}=346.4\cdot\frac{0.25}{1}=86.6\,\frac{cm}{sec}$$

נשתמש במשוואת ברנולי לגבי הנקודה הראשונה והשלישית.

הנתונים הם: $P_1 = P_0 + \rho\cdot g\cdot h \;;\; y_1 = 0 \;;\; v_1 = 0$

$P_3 = P_0 + \rho\cdot g\cdot h' \;;\; y_3 = 0 \;;\; v_3 = 86.6\,\frac{cm}{sec}$

נציב ונקבל:

$$\frac{P_1}{\rho\cdot g}=\frac{P_3}{\rho\cdot g}+\frac{v_3^2}{2\cdot g} \Longrightarrow h'=h-\frac{v_3^2}{2\cdot g}$$

גובה המים בעמוד הצר הוא:

$$h'=60-\frac{86.6^2}{2\cdot 1000}=56.25\ cm$$

ב. אם הפתח יהיה פתוח עד הסוף, לא יהיה הבדל במהירות המים בנקודה 2 ובנקודה 3 , ולכן גם לא יהיה הבדל בלחץ המים בשתי הנקודות. מכיוון שבנקודה A לחץ המים הוא הלחץ החיצוני יהיה גם בנקודה 3 לחץ כזה ולכן גובה המים, הגורמים לתוספת לחץ, הוא אפס.

אם הפתח סגור לגמרי ואין תנועת נוזל מתקיים חוק הכלים השלובים וגובה המים בצינור הצר יהיה שווה לגובה המים במיכל, היינו 60 cm .

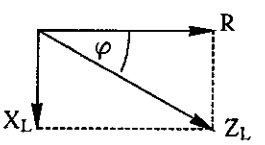
פיתרון מספר 9 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

נמצא קודם כל את התנגדות הנורה:

$$P = \frac{V^2}{R} \Longrightarrow R = \frac{V^2}{P} = \frac{120^2}{60} = 240\ \Omega$$

א. במעגל של סליל ונגד, גורם ההספק שווה: $\cos(\varphi) = \frac{R}{Z_L}$

$$Z_L = \frac{R}{\cos(\varphi)} = \frac{240}{0.545} = 440.4\ \Omega$$



$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$X_L = \sqrt{Z_L^2 - R^2} = \sqrt{440.4^2 - 240^2} = 369.22\ \Omega$$

ב. אם הנורה מוארת באור מלא הזרם בה הוא: $I = \frac{V}{R} = \frac{120}{240} = 0.5\ A$

בעזרת גורם ההספק נמצא:

$$P = V_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\varphi)$$

$$V_{eff} = \frac{P}{I_{eff} \cdot \cos(\varphi)} = \frac{60}{0.5 \cdot 0.545} = 220.18\ V$$

ג. הנגד 'R חייב להיות כזה שהזרם הכללי יהיה 0.5 A.

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R + R'} \Longrightarrow R' = \frac{V_{eff}}{I_{eff}} - R = \frac{220.18}{0.5} - 240 = 200.37\ \Omega$$

ד. חיבור סליל חסכוני יותר כי אין איבוד חום על הנגד השני.

פיתרון מספר 10 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

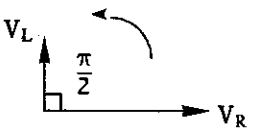
א. ההספק הוא:

$$P = \frac{1320 \cdot 10^3}{8} = 1.65 \cdot 10^5 \text{ W}$$

$$P = V_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\varphi)$$

$$\cos(\varphi) = \frac{P}{V_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{1.65 \cdot 10^5}{220 \cdot 1000} = 0.75$$

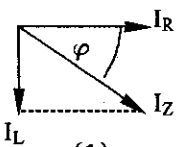
ב. במעגל של סליל ונגד הזרם תמיד מפגר אחרי המתח. הזרם במעגל מכסימלי יחד עם המתח על הנגד וזה בהפרש של $\frac{\pi}{2}$ אחרי המתח על הסליל.



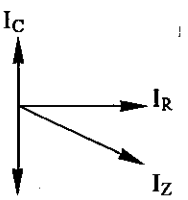
ג.

$$P = V_{eff} \cdot I_{eff} \cdot 1 \implies I_{eff} = \frac{P}{V_{eff}} = \frac{1.65 \cdot 10^5}{220} = 750 \text{ A}$$

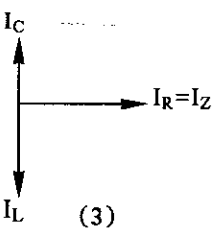
ד. הקבל הוא במופע של $\frac{\pi}{2}$ לגבי הנגד ו- π לגבי הסליל כך שהוא מקטין את זווית המופע של המעגל ומשפר, לכן, את גורם ההספק (ציור 2).
במצב שבו גורם ההספק שווה ל- 1 מבטל הזרם בקבל את הזרם בסליל (ציור 3).



(1)



(2)



(3)

לפני חיבור הקבל היה הזרם בסליל (ציור 1):

$$I_L = I_Z \cdot \sin(\varphi)$$

$$\varphi = \cos^{-1}(0.75) = 41^o24'$$

$$I = 1000 \cdot \sin(41^o24') = 661.3 \text{ A}$$

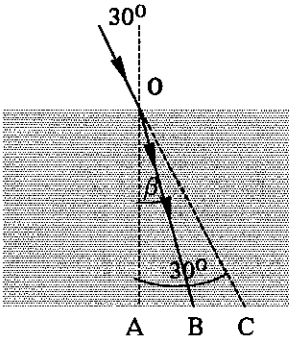
זהו הזרם בקבל:

$$I_C = \frac{V}{X_C} = V \cdot \omega \cdot C$$

$$C = \frac{I_C}{V \cdot \omega} = \frac{661.3}{220 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} = 9.57 \cdot 10^{-3} \text{ F}$$

ד. ככל שגורם ההספק יהיה קרוב יותר ל- 1 ההספק הדרוש לקבלת זרם מסוים נמוך יותר.

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים



א. נמצא קודם כל את זווית השבירה של האור בחומר.

נשתמש בקטע $\overline{AC}$: $\overline{AC} = \overline{AO}\cdot tg(30^0)$

$$\overline{AC} = 1\cdot tg(30^0) = 0.577\ cm$$

מכאן: $\overline{AB} = \overline{AC} - \overline{BC}$

$$\overline{AB} = 0.577 - 0.14 = 0.437\ cm$$

$$tg(\beta) = \frac{\overline{AB}}{\overline{AO}} = \frac{0.437}{1} = 0.437 \quad \Longrightarrow \quad \beta = 23^0 3$$

את מקדם השבירה נמצא בעזרת חוק סנל: $n_1\cdot\sin(\alpha_1) = n_2\cdot\sin(\alpha_2)$

$$n_2 = n_1\cdot\frac{\sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_2)} = 1\cdot\frac{\sin(30^0)}{\sin(23^0 37')} = 1.248$$

ב. בתנועה בתוך חומר שקוף המהירות קטנה מן המהירות באויר. מקדם השבירה מאפיין את התנועה בחומר:

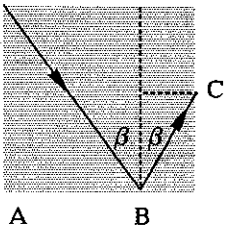
$$n = \frac{c}{v} \quad \Longrightarrow \quad v = \frac{c}{n} = \frac{3\cdot 10^8}{1.248} = 2.404\cdot 10^8\ \frac{m}{sec}$$

ג. כדי למצוא את אורך הגל באויר נשתמש בנוסחת הגלים:

$$v = \lambda\cdot f \quad \Longrightarrow \quad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{3\cdot 10^8}{6\cdot 10^{14}} = 5\cdot 10^{-7}\ m = 5000\ \text{Å}$$

בתוך חומר שקוף משתנה אורך הגל באותה הצורה בה משתנה המהירות:

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n} = \frac{5\cdot 10^{-7}}{1.248} = 4.006\cdot 10^{-7}\ m = 4006\ \text{Å}$$



ד. המרחק $\overline{AB}$ גדול מ- 3 cm ולכן בטוח שהאור יפגע בפיאה הצידית. השאלה היא אם האור יצא בנקודה C. זווית הפגיעה בנקודה היא:

$90 - 23^0 24' = 66^0 36'$

זווית ההחזרה הגמורה היא:

$$\sin(\varphi_C) = \frac{1}{n} = \frac{1}{1.248} = 0.8 \quad \Longrightarrow \quad \varphi_C = 53^0$$

זווית הפגיעה גדולה מזווית ההחזרה הגמורה והאור לא יצא בנקודה C.

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. בחישוב ההתאבכות בשנו סדקים נלקח כל סדק כבעל רוחב אפסי, אך למאמיתו של דבר הרוחב שלו אינו זניח ובנוסף לתבנית ההתאבכות יש תבנית עקיפה הנובעת מהרוחב של כל סדק.

ב. רוחב האיזור המרכזי של תבנית העקיפה הוא: $\Delta X_w = \frac{2\cdot\lambda\cdot L}{w}$

כאשר w הוא רוחב הסדק.

המרחק בין שני פסי אור סמוכים בתבנית ההתאבכות הוא: $\Delta X_d = \frac{\lambda\cdot L}{d}$

כאשר d הוא המרחק בין הסדקים.

היחס בין מספר הפסים הבהירים בתבנית ההתאבכות הנכנסים לפס האור המרכזי בתבנית העקיפה הוא:

$$n = \frac{\Delta X_w}{\Delta X_d} = \frac{\frac{2\cdot\lambda\cdot L}{w}}{\frac{\lambda\cdot L}{d}} = \frac{2\cdot d}{w}$$

יחס זה אינו תלוי באורך הגל של האור המוקרן (λ) ובמרחק בין השיקופית למקור האור (L).

ג. נתון: $n = 7 \;;\; d = 0.19\cdot 10^{-3}\ m$

נשתמש בביטוי שמצאנו:

$$n = \frac{2\cdot d}{w} \Longrightarrow w = \frac{2\cdot d}{n} = \frac{2\cdot 0.19\cdot 10^{-3}}{7} = 5.43\cdot 10^{-5}\ m$$

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. האנרגיה של כל פוטון היא:

$$E = h\cdot\nu = \frac{h\cdot c}{\lambda} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{5500\cdot 10^{-10}} = 3.61\cdot 10^{-19}\ J$$

מספר הפוטונים שהנורה פולטת בשניה הוא:

$$n = \frac{P}{E} = \frac{10^{-12}}{3.61\cdot 0^{-19}} = 2.76\cdot 10^{6}$$

ב. הקשר בין האנרגיה של הפוטון והאנרגיה הקינטית של האלקטרון המשתחרר נתונה בנוסחת איינשטיין: $E_K = \frac{h \cdot c}{\lambda} - B$, כאשר B הוא אנרגית הקשר של המתכת.

את האנרגיה הקינטית של האלקטרון המשתחרר נהפוך ליחידות של ג'אול.

המקרה הראשון: $1.02 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = \frac{h \cdot 3 \cdot 10^8}{5500 \cdot 10^{-10}} - B$

המקרה השני: $1.35 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = \frac{h \cdot 3 \cdot 10^8}{4800 \cdot 10^{-10}} - B$

הפיתרון הוא: $h = 6.638 \cdot 10^{-34}\ J \cdot sec\ ;\ B = 1.24\ eV$

ג. ההבדל בין סוגי מתכת שונים הוא באנרגית הקשר (B) שלהם. אם מקור האור יכול ליצור אורך גל כלשהו, היינו להתגבר על אנרגית קשר כלשהיא, אז ניתן לעשות את הניסוי בכל מתכת שהיא.

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. אורך גל של אלקטרון הוא אורך גל דה-ברולי:

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34}}{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^7} = 7.28 \cdot 10^{-11}\ m = 0.728\ \text{Å}$$

ב. ההבדל בין אלומת פוטונים ואלומת אלקטרונים היא שהראשונה היא חסרת מטען. לכן, אם נכניס את שתי האלומות לשדה חשמלי או לשדה מגנטי תסטה אלומת האלקטרונים ממסלולה ואלומת הפוטונים תמשיך ישר.

ג. אנרגיה מכסימלית כשאורך הגל מינימלי. במקרה שלפנינו אורך הגל המינימלי הוא 0.25 Å , לכן:

$$E_{max} = \frac{h \cdot c}{\lambda_{min}} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0.25 \cdot 10^{-10}} = 7.956 \cdot 10^{-15}\ J = 49,725\ eV$$

פיתרון מספר 17 - מכניקה

א. התנועה המתוארת בגרף היא תנועה שוות תאוצה עד שהמהירות מגיעה ל- $8\ \frac{m}{sec}$, אחר כך משתנה התנועה לתנועה שוות תאוצה בתאוצה קטנה יותר עד שהמהירות מגיעה ל- $16\ \frac{m}{sec}$ ולבסוף תנועה שוות תאוצה שלישית קטנה עוד יותר עד למהירות $20\ \frac{m}{sec}$.

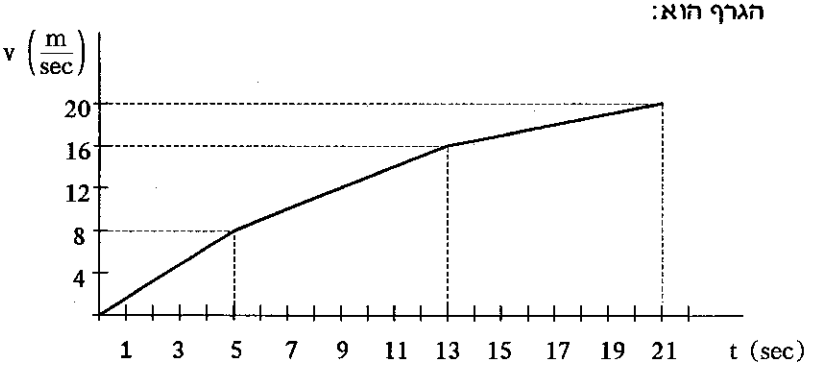
נמצא קודם כל את התאוצה בכל אחד מהשלבים: $a = \frac{\Sigma F}{m}$

$$a_1 = \frac{8}{5} = 1.6\ \frac{m}{sec^2} \quad ; \quad a_2 = \frac{5}{5} = 1\ \frac{m}{sec^2} \quad ; \quad a_3 = \frac{2.5}{5} = 0.5\ \frac{m}{sec^2}$$

הזמן שארך כל חלק של התנועה: $v_t = v_0 + a \cdot t \implies t = \frac{v_t - v_0}{a}$

$$t_1 = \frac{8-0}{1.6} = 5\ sec \quad ; \quad t_2 = \frac{16-8}{1} = 8\ sec \quad ; \quad t_3 = \frac{20-16}{0.5} = 8\ sec$$

הגרף הוא:



ב. כדי למצוא את עבודת הכח נחשב את ההעתק שהוא עבר:

$$X = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = 0 + \frac{1}{2} \cdot 1.6 \cdot 5^2 = 20\ m$$

עבודת הכח היא: $W = F \cdot X \cdot \cos(\alpha) = 8 \cdot 20 \cdot \cos(0^o) = 160\ J$

ג. נמצא את המהירות לאחר 10 sec. הגוף נמצא 5 sec אחרי תחילת הקטע השני של התנועה: $v_t = v_0 + a \cdot t = 8 + 1 \cdot 5 = 13\ \frac{m}{sec}$

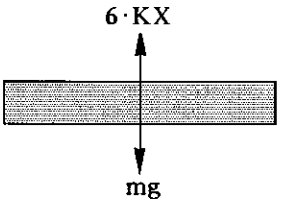
האנרגיה הקינטית היא: $E_K = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot 5\cdot 13^2 = 422.5\ J$

ד. העבודה הכוללת של הכח גרמה לעלית האנרגיה הקינטית של הגוף. מכיוון שלא היה בזבוז אנרגיה (לחום למשל) כל העבודה הפכה לאנרגיה הקינטית. האנרגיה הקינטית בהתחלה שווה לאפס. לכן:

$$W = \Delta E = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot 5\cdot 20^2 = 1000\ J$$

פיתרון מספר 18 - מכניקה

א. נתיחס בתחילה רק לתוספת המסה, כי היא גורמת להתכווצות של 10 cm הכוחות הפועלים הם:



$$\Sigma F_X = 0$$

$$m\cdot g - 6\cdot KX = 0$$

$$K = \frac{m\cdot g}{6\cdot X} = \frac{10\cdot 10}{6\cdot 0.1} = 166.7\ \frac{N}{m}$$

ב. המסה המתנודדת בתנועה הרמונית היא המסה הכללית.
קבוע הקפיץ הכללי הוא סכום קבועי הקפיץ.

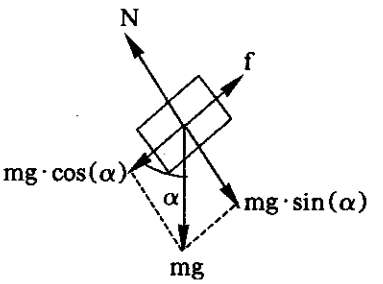
$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{20+10}{6\cdot 166.7}} = 1.088\ sec$$

ג. קבוע הקפיץ קטן ל- $4\cdot K$:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{20+10}{4\cdot 166.7}} = 1.33\ sec$$

פיתרון מספר 19 - מכניקה

א.



אם כח החיכוך הסטטי המכסימלי גדול מהכח המושך, הגוף ישאר במקומו.

$$f_{s\,max} = \mu N = \mu \cdot mg \cdot \sin(\alpha) = 0.5 \cdot m \cdot 10 \cdot \sin(75^0) = 4.83 \cdot m$$

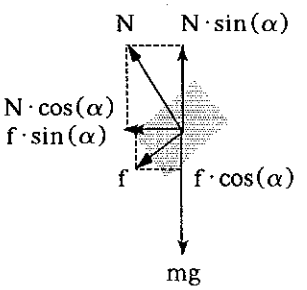
הכח המושך הוא: $mg \cdot \cos(\alpha) = m \cdot 10 \cdot \cos(75^0) = 2.59 \cdot m$

$f_{s\,max} > mg \cdot \cos(\alpha)$ ולכן ישאר הגוף במקומו.

ב. כאשר המהירות הזוויתית תגדל והגוף ינתק הוא ינוע ימינה, היינו בכיוון היוצא מן המעגל. הסיבה היא שכדי שהגוף ינוע בתנועה מעגלית חייב לפעול כח כלפי מרכז המעגל (במקרה זה זהו שילוב של הכח הנורמלי וכח החיכוך). כח זה הולך וגדל עד שבשלב מסוים כח החיכוך המכסימלי אינו מספיק והגוף ניתק.

ג. נצייר מחדש את תרשים הכוחות. הפעם נפרק את הכוחות אחרת. בתנועה מעגלית, אחד מהצירים מכיל תמיד את כיוון מרכז הסיבוב, ולכן במקרה זה זוהי מערכת צירים אופקית.
כח החיכוך שללא תנועה היה ימינה, משנה בשלב מסוים של הגדלת המהירות הזוויתית, את כיוונו ופועל שמאלה. הכח הולך וגדל עד שברגע הניתוק הוא בגודל המכסימלי.

בכיוון ציר ה- Y אין תנועה: $\Sigma F_Y = 0$



$$N \cdot \sin(\alpha) - f \cdot \cos(\alpha) - mg = 0$$

$$N \cdot [\sin(\alpha) - \mu \cdot \cos(\alpha)] = mg \qquad (1)$$

בכיוון ציר ה- X התנועה היא מעגלית:

$$\Sigma F_Y = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega^2 r$$

$$N \cdot \cos(\alpha) + f \cdot \sin(\alpha) = m \cdot \omega^2 r$$

$$N \cdot [\cos(\alpha) + \mu \cdot \sin(\alpha)] = m \cdot \omega^2 r \quad (2)$$

נחלק משוואה במשוואה:

$$\frac{\sin(\alpha) - \mu \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\alpha) + \mu \cdot \sin(\alpha)} = \frac{g}{\omega^2 r}$$

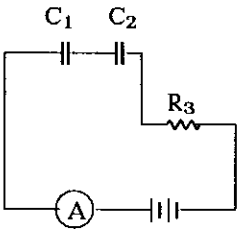
נבודד את ω:

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cdot [\cos(\alpha) + \mu \cdot \sin(\alpha)]}{r \cdot [\sin(\alpha) - \mu \cdot \cos(\alpha)]}} =$$

$$\omega = \sqrt{\frac{10 \cdot [\cos(75^0) + 0.5 \cdot \sin(75^0)]}{0.1 \cdot [\sin(75^0) - 0.5 \cdot \cos(75^0)]}} = 9.42 \ \frac{rad}{sec}$$

פיתרון מספר 20 - חשמל

א. כאשר המפסק S_1 הוא המפסק היחיד הסגור, המעגל נראה כך:



אין זרם במעגל. $I_A = 0$

הנגד R_3 חסר חשיבות כי הזרם דרכו אפס.

המתח של מקור המתח מתחלק על שני הקבלים המחוברים בטור.

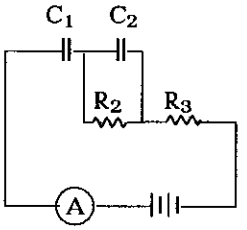
$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4 \cdot 10}{4 + 10} = 2.86\ \mu F$$

המטען הוא:

$$Q = C \cdot V = 2.86 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 1.71 \cdot 10^{-4}\ C$$

זהו המטען על כל אחד מהקבלים.

ב. כאשר המפסקים S_1 ו-S_2 סגורים המעגל נראה כך:



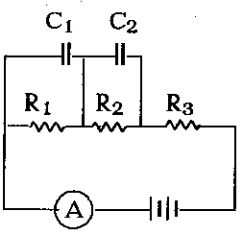
עדיין אין זרם במעגל. $I_A = 0$.

הנגד R_2 מחובר עכשיו במקביל לקבל C_2.

מכיוון שהזרם דרך הנגד הוא אפס חייב המתח על הקבל להיות גם הוא אפס. (זה נקרא לקצר את הקבל). כל המתח של מקור המתח נופל עכשיו על הקבל C_1:

$$Q_1 = C_1 \cdot V = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 60 = 2.4 \cdot 10^{-4}\ C \quad ; \quad Q_2 = 0$$

ג. כאשר כל המפסקים סגורים המעגל נראה כך:



הפעם יש זרם במעגל. המעגל הוא מעגל טורי פשוט:

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$I = \frac{60}{100 + 50 + 100} = 0.24\ A$$

כל אחד מההקבלים מחובר במקביל לאחד הנגדים:

$$V_{C_1} = V_{R_1} = I \cdot R_1 = 0.24 \cdot 100 = 24\ V$$

$$Q_1 = C_1 \cdot V_1 = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 24 = 9.6 \cdot 10^{-5}\ C$$

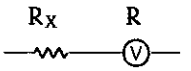
$$V_{C_2} = V_{R_2} = I \cdot R_2 = 0.24 \cdot 50 = 12\ V$$

$$Q_2 = C_2 \cdot V_2 = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 12 = 1.2 \cdot 10^{-4}\ C$$

פיתרון מספר 21 - חשמל

א. (1) המכשיר זה מחובר נגד במקביל לגלוונומטר, לכן זהו אמפרמטר.
(2) ככל שהנגד המחובר במקביל קטן יותר, כך תחום המדידה גדול יותר, לכן במצב Z שבו הנגד הוא סכום שלושת הנגדים תחום המדידה הוא הקטן ביותר.

ב. הנגד מחובר לוולטמטר בטור.
מגבלת תחום המדידה של הוולטמטר היא מגבלת זרם. הזרם המכסימלי דרך הוולטמטר לא משתנה, לכן, במעבר מתחום מדידה אחד לשני.



$$I_{max} = \frac{V}{R} = \frac{1}{R} = \frac{5}{R + R_X} \Longrightarrow 5 \cdot R = R + R_X \Longrightarrow R_X = 4 \cdot R$$

אם מוסיפים נגד גדול פי ארבע המתח המכסימלי יגדל פי 5.

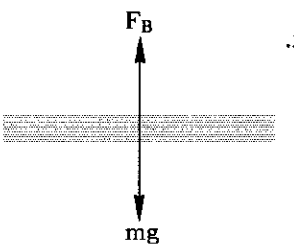
פיתרון מספר 22 - חשמל

את החלק הראשון של התנועה עושה מוט בנפילה חופשית. אין שדה מגנטי באיזור ואין לכן כוחות מגנטיים. נמצא את המהירות של סוף הקטע ואת הזמן שהקטע אורך:

$$v_t^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot X \Longrightarrow v_t = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.4} = 2.83 \frac{m}{sec}$$

$$v_t = v_0 + a \cdot t \Longrightarrow t = \frac{v_t - v_0}{a} \qquad t_1 = \frac{2.83 - 0}{10} = 0.283 \text{ sec}$$

א. התנועה בקטע השני היא תנועה שוות מהירות.
הכוחות הפועלים על המוט הם:



$$\Sigma F = 0$$

$$B \cdot I \cdot L = mg$$

הזרם הוא תוצאה מהכ.א.מ. המושרה:

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{B \cdot L \cdot v}{R}$$

מכאן:

$$B \cdot \left(\frac{B \cdot L \cdot v}{R}\right) \cdot L = mg$$

$$B = \sqrt{\frac{mg \cdot R}{L^2 \cdot v}} = \sqrt{\frac{0.07 \cdot 10 \cdot 0.5}{0.2^2 \cdot 2.83}} = 1.759 \text{ T}$$

ב. החלק השלישי של התנועה הוא שוב תנועה ללא השפעת שדה מגנטי, זאת אומרת זריקה אנכית כלפי מטה. המוט מתחיל את התנועה במהירות $2.83\ \frac{m}{sec}$ ומסיים את הקטע במהירות $4.2\ \frac{m}{sec}$. נמצא את הזמן והגובה של הקטע השלישי:

$$v_t^2 = v_0^2 + 2\cdot a\cdot X \implies X = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2\cdot a}$$

$$h_3 = \frac{4.2^2 - 2.83^2}{2\cdot 10} = 0.482\ m$$

$$v_t = v_0 + at \implies t_3 = \frac{v_t - v_0}{a} = \frac{4.2 - 2.83}{10} = 0.137\ sec$$

בקטע השני התנועה היא שוות מהירות. הזמן הוא:

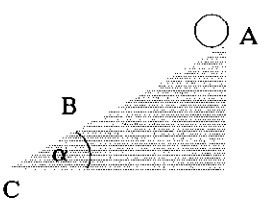
$$t_2 = t - t_1 - t_3 = 0.5 - 0.283 - 0.137 = 0.08\ sec$$

$$X = v\cdot t \implies h_2 = v\cdot t_2 = 2.83\cdot 0.08 = 0.226\ m$$

ג. החום מתפתח רק בקטע השני. כל האנרגיה שהופכת לחום מקורה באנרגיה הפוטנציאלית (האנרגיה הקינטית קבועה).

$$Q = mgh_2 = 0.07\cdot 10\cdot 0.226 = 0.158\ J$$

פיתרון מספר 23 - שאלון השלמה



נחשב את המרחק X של הנקודה (B) בעזרת שיקולי אנרגיה. בנקודה העליונה (A) כל האנרגיה היא פוטנציאלית.

בנקודה A הגובה הוא: $h_A = L\cdot\sin(\alpha)$

בנקודה B הגובה הוא:

$h_B = (L-X)\cdot\sin(\alpha)$

בנקודה C הגובה הוא אפס.

שימור האנרגיה בין הנקודה A ו- C הוא:

$$E_A = E_C \implies mg\cdot h_A = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_C^2 \implies v_C = \sqrt{2\cdot g\cdot h_A}$$

המהירות בנקודה B היא מחצית מהמהירות בנקודה C:

$$v_B = \frac{1}{2}\cdot v_C = \frac{1}{2}\cdot\sqrt{2\cdot g\cdot L\cdot\sin(\alpha)} = \sqrt{\frac{g\cdot L\cdot\sin(\alpha)}{2}}$$

שימור האנרגיה בין הנקודה A ו- B הוא:

$$E_A = E_B \implies mg \cdot h_A = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2 + mg \cdot h_B$$

$$2 \cdot mg \cdot L \cdot \sin(\alpha) = \frac{mg \cdot L \cdot \sin(\alpha)}{2} + 2 \cdot mg \cdot (L - X) \cdot \sin(\alpha)$$

$$2 \cdot L = \frac{L}{2} + 2 \cdot (L - X) \implies X = \frac{L}{4}$$

התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 24 - שאלון השלמה

בהתנגשות אלסטית בין מסה נעה ובין מסה שניה זהה העומדת במקום, נעצרת המסה הראשונה והשניה מקבלת את כל המהירות. במקרה שלפנינו מעביר הכדור A את מהירותו לכדור B, וזה מעבירו הלאה עד לכדור D היוצא במהירות המקורית v ולכן התשובה הנכונה היא תשובה א'.
(במקרה שלפנינו כל שאר התשובות בכלל לא אפשריות כי אין בהן בכלל שימור תנע.)

פיתרון מספר 25 - שאלון השלמה

ההספק הכללי במעגל נתון בנוסחה: $P = \frac{E^2}{R_T}$

ככל שההתנגדות הכללית קטנה יותר כך ההספק הכללי גדול יותר.

(אנחנו משתמשים בנוסחה זו ולא בנוסחה $P = I^2R$ כי השווה בין שלושת המעגלים הוא המתח ולא הזרם)

ההתנגדות השקולה בכל אחד מהמעגלים היא:

$$R_{\text{א}'} = R \;;\; R_{\text{ב}'} = 2 \cdot R \;;\; R_{\text{ג}'} = \frac{R}{2}$$

ההתנגדות במעגל ג' היא הקטנה ביותר ולכן ההספק בה גדול ביותר.
התשובה הנכונה היא תשובה ג'

פיתרון מספר 26 - שאלון השלמה

כתוצאה מהשדה המגנטי בסליל הופכים שני מוטות הברזל למגנטים.
שני מגנטים בעלי קטבים זהים דוחים זה את זה.
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 27 - שאלון השלמה

נסתכל על מצב בו העין רואה דמות באינסוף. נשתמש בנתון שקוטר גלגל העין הוא בסדר גודל של 2 cm.

הנתונים הם: $u = \infty$; $v = 2$ cm .

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{2} \Longrightarrow f = 2\text{ cm} = 0.02\text{ m}$$

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.02} = 50\text{ D}$$

התשובה הנכונה היא תשובה ג'

פיתרון מספר 28 - שאלון השלמה

אם נשתמש בסימונים בשאלה נוסחת העדשה תיראה כך: $\frac{1}{f} = \frac{1}{x} + \frac{1}{y}$

נבודד את y: $\frac{1}{y} = \frac{1}{f} - \frac{1}{x} = \frac{x-f}{x \cdot f} \Longrightarrow y = \frac{x \cdot f}{x-f}$

מן הביטוי ל- y אנחנו רואים שכאשר $x = f$ המכנה שווה לאפס ואז y צריך לשאוף לאינסוף. בגרפים א', ב' ו- ד', אין מצב כזה ולכל ערך של x יש ערך סופי של y. רק בגרף ב' יש נקודה בגרף שבה y שואף לאינסוף.
התשובה הנכונה היא ב'.

פיתרון מספר 29 - שאלון השלמה

ככל שגל מים נע בעומק רדוד יותר מהירותו קטנה. אורך הגל משתנה תמיד כמו המהירות ולכן קטן גם הוא.
התשובה הנכונה היא ג'.

פיתרון מספר 30 - שאלון השלמה

רוחב שאר פסי האור, פרט למרכזי, הוא מחצית מרוחב פס האור המרכזי, לכן רוחב פס האור הוא 0.45 cm.
התשובה הנכונה היא ב'.

פיתרון מספר 31 - שאלון השלמה

המודל החלקיקי של האור לא יכול להסביר מדוע מהירות האור נמוכה יותר בתווך חומרי.
התשובה הנכונה היא תשובה ד'

פיתרון מספר 32 - שאלון השלמה

נמצא את הקשר בין האנרגיה של גל ואורך הגל שלו על ידי הסתכלות בגלים האלקטרומגנטיים:

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

ככל שאורך הגל גדל האנרגיה קטנה.
התשובה הנכונה היא תשובה א'.

פיתרון מספר 33 - שאלון השלמה

האנרגיה הקינטית של האלקטרונים הנפלטים לא יכולה להיות גדולה מהפרש האנרגיה בין האנרגיה של הפוטון הפוגע ואנרגית הקשר:
$E_K = h \cdot \nu - B = 2.75 - 1.85 = 0.9\ eV$
אבל, האנרגיה יכולה להיות קטנה יותר כי האלקטרון יכול לאבד אנרגיה מרגע שחרורו מהאטום ועד יציאתו מן המתכת.
התשובה הנכונה היא תשובה ב'.

פיתרון מספר 34 - שאלון השלמה

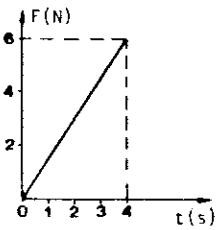
בתהליך הראשון אבדו ליסוד שני פרוטונים ושני נויטרונים לכן זהו תהליך α. (חלקיק α מורכב משני פרוטונים ושני נויטרונים)
בתהליך השני הפך נויטרון לפרוטון לכן זהו תהליך β. ($n \longrightarrow p + e^-$)
בתהליך השלישי הפך נויטרון לפרוטון לכן זהו תהליך β.
בתהליך הרביעי אבדו ליסוד שני פרוטונים ושני נויטרונים לכן זהו תהליך α.
סדר התהליכים הוא: $\alpha\beta\beta\alpha$
התשובה הנכונה היא תשובה ג'.

בחינת בגרות ל-14- 5 יחידות 1986

חלק א' – מכניקה

עליך לענות על שלוש שאלות מתוך חמש השאלות 5- 1

.1



גוף בעל מסה $m = 2\ kg$ נע במהירות קבועה $v_o = 3\ \frac{m}{s}$

על פני משטח אופקי חלק.

ברגע מסוים מתחיל לפעול על הגוף כוח $\vec{F}$

שגודלו משתנה עם הזמן t.

גודל הכוח, כפונקציה של הזמן, מתואר בהרשים.

א. מהו אופי הנועתו של הגוף

(האם תנועתו קצובה, שווה-תאוצה או שתאוצתו משתנה)? (4 נקודות)

ב. חשב את תאוצת הגוף (גודל וכיוון) ואת מהירותו (גודל וכיוון), לאחר 4 שניות מרגע הפעלת הכוח $\vec{F}$, בכל אחד מהמקרים הבאים:

(1) אם הכוח $\vec{F}$ פועל בכיוון המהירות $\vec{v}_o$. (2 נקודות)

(2) אם הכוח $\vec{F}$ פועל בכיוון נגדי לכיוון המהירות $\vec{v}_o$. (2 נקודות)

(3) אם הכוח $\vec{F}$ פועל בכיוון קבוע המאונך לכיוון המהירות $\vec{v}_o$. (2 נקודות)

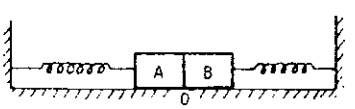
.2

שני גופים זהים, A ו B, מונחים על משטח חלק ומחוברים לשני קפיצים זהים.

הגופים נוגעים זה בזה והקפיצים רפויים (בשיווי-משקל); ראה הרשים.

מסת כל אחד מהגופים $m_A = m_B = 7.5\ kg$.

הקבוע של כל אחד מהקפיצים $k = 30\ \frac{N}{m}$.



מזיזים את הגוף A שמאלה למרחק של 0.1m

מנקודת רמגע 0 ומשחררים אותו.

א. לאחר כמה זמן מרגע השחרור יתנגש הגוף A בגוף B? (4 נקודות)

ב. אם ההתנגשות בין הגופים היא פלסטית:

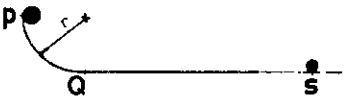
(1) מה תהיה מהירותם המשותפת מיד לאחר ההתנגשות? (2 נקודות)

(2) מה תהיה האמפליטודה (משרעת) בה ינועו הגופים לאחר ההתנגשות? (2 נקודות).

ג. במקרה אחר הגוף A הוזז שמאלה למרחק של 0.1 m מנקודת-המגע 0, והגוף B הוזז ימינה למרחק של 0.2 m מנקודת-המגע 0. שני הגופים שוחררו בו-זמנית ממצב מנוחה.

באיזה מרחק מהנקודה 0 התנגשו שני הגופים? נמק. (2 נקודות)

.3 כדור A מחליק ללא חיכוך לאורך מסילה מעגלית PQ המסתיימת בקטע ישר QS.
הכדור מתנגש בכדור B הנמצא במצב מנוחה בנקודה S, בקצה המסילה הישרה.
המסילה PQ היא רבע מעגל שרדיוסו $r = 20\ cm$.

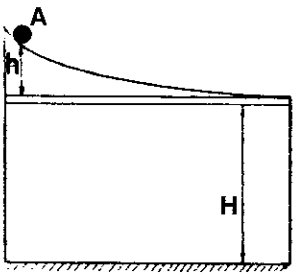


מסת הכדור A: $m_A = 60\ gr$
מסת הכדור B: $m_B = 20\ gr$

א. מהי המהירות (גודל וכיוון) של כל אחד מהכדורים לאחר ההתנגשות:
(1) אם ההתנגשות בין הכדורים היא **פלסטית**. (3 נקודות)
(2) אם ההתנגשות בין הכדורים היא אלסטית מצחית. (3 נקודות)

ב. ההתנגשות בין הכדורים היא אלסטית, לא מצחית, והכדור A ממשיך בכיוון היוצר זוית α עם כיוון תנועתו לפני ההתנגשות.
רשום את המשוואות המאפשרות לחשב את המהירות של כל אחד מהכדורים, והסבר אותן. אין צורך לפתור את המשוואות! (4 נקודות)

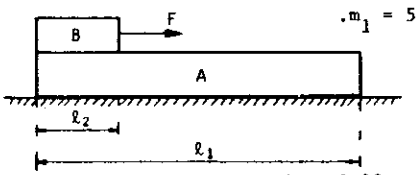
.4 א. מסילה חלקה מונחת על שולחן.
חלקה התחתון של המסילה אופקי וקצה נוגע בקצה השולחן.
כדור משוחרר מן הנקודה A שעל המסילה (ראה תרשים).
גובה הנקודה A מעל השולחן $h = 20\ cm$.
גובה השולחן מעל הרצפה $H = 80\ cm$.



(1) באיזה מרחק אופקי מקצה השולחן יפגע הכדור ברצפה? (3 נקודות)
(2) באיזו מהירות (גודל בלבד) יפגע הכדור ברצפה? (3 נקודות)

ב. מבצעים את המתואר בסעיף א על המאדים.
באיזה גובה, h, מעל השולחן צריך לשחרר את הכדור, כדי שיפגע ברצפה במרחק אופקי מקצה השולחן הזהה לזה שהתקבל בסעיף א(1)? (4 נקודות)

.5 על משטח אופקי מונחת תיבה A שמסתה $m_1 = 5\ kg$.
אורך התיבה $\ell_1 = 1m$.
מקדם החיכוך בין התיבה A לבין המשטח הוא $\mu_1 = 0.1$.
על התיבה A, סמוך לקצה השמאלי, מונחת תיבה B שמסתה $m_2 = 5\ kg$ ואורכה $\ell_2 = 0.25\ m$.



מקדם החיכוך בין התיבות A ו B הוא $\mu_2 = 0.3$.
על התיבה B מופעל כוח אופקי של 50 N בכיוון ימין (ראה תרשים).

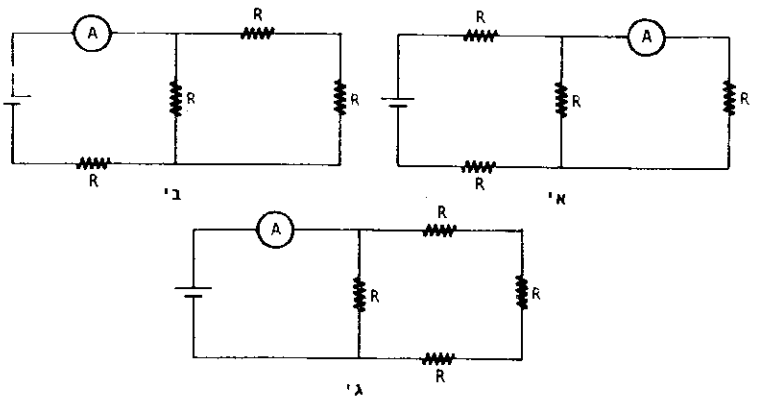
א. ציין את הכוחות הפועלים על כל אחת משתי התיבות (היעזר בשרטוט מתאים עבור כל תיבה). (4 נקודות)
ב. חשב את התאוצה של כל אחת מהתיבות. (3 נקודות)
ג. כעבור כמה זמן, מרגע הפעלת הכוח, יגיע הקצה הימני של התיבה B אל הקצה הימני של התיבה A? (3 נקודות)

חלק ב' - חשמל

עליך לענות על שלוש שאלות מתוך חמש השאלות 10 - 6

6. טוענים אלקטרומטר לפוטנציאל של 1500 V ומחברים אותו, לאחר מכן, בחיל מוליך דק לכדור מוליך שרדיוסו 5 cm.
כתוצאה מכך, יורד הפוטנציאל של האלקטרומטר ל- 600 V.
א. חשב את קיבול האלקטרומטר. (4 נקודות)
ב. חשב מהו המטען החשמלי על הכדור ומהו המטען על האלקטרומטר. (3 נקודות)
ג. מחברים כדור מוליך שני אל הכדור הראשון וכתוצאה מכך, יורד הפוטנציאל של האלקטרומטר ל- 300 V.
חשב מהו הקיבול של הכדור השני. (3 נקודות)

7. ארבעה נגדים זהים חוברו למקור מתח, שהתנגדותו הפנימית 10Ω, בשלושה אופנים שונים, כמתואר בתרשים.



במעגל א הראה האמפרמטר על זרם של 2.75A.
במעגל ב הראה האמפרמטר על זרם של 8A.
בהנחה שהתנגדות האמפרמטר זניחה, חשב את:
א. כא"מ מקור המתח. (4 נקודות)
ב. ההתנגדות R של כל נגד.(4 נקודות)
ג. הזרם שמראה האמפרמטר במעגל ג.
(2 נקודות)

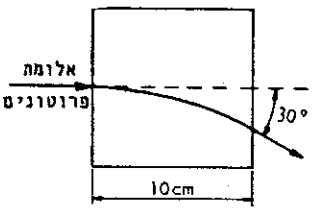
8. למקור מתח, שהתנגדותו הפנימית 2Ω, חובר נגד משתנה (ריאוסטט). תחומי ההתנגדות של הנגד המשתנה הם 0Ω עד 10Ω.
א. לאיזו התנגדות יש לכוון את הנגד המשתנה על מנת שיתפתח בו הספק מקסימלי? נמק. (5 נקודות)
ב. כאשר התנגדות הנגד המשתנה היתה 4Ω, התפתח בו הספק מסוים.
האם ניתן לכוון את הנגד המשתנה להתנגדות אחרת (שונה מ 4Ω) על מנת שיתפתח בו אותו הספק?
אם לא, נמק; אם כן, חשב את ערכה של ההתנגדות המבוקשת. (5 נקודות)

.9 אלומת פרוטונים, בעלת אנרגיה קינטית של 1 MeV, מכוונת לאזור באורך 10 cm. באזור זה שורר שדה מגנטי אחיד, בכיוון מאונך לאלומה. האלומה יוצאת מתוך השדה כשהיא מוטה בזוית של 30° ביחס לכיוונה המקורי. (ראה תרשים).

א. מהי צורת מסלולם של חלקיקי האלומה בתוך השדה המגנטי? נמק! (4 נקודות)

ב. מהו כיוונו של השדה המגנטי? נמק! (3 נקודות)

ג. מהי עוצמתו של השדה המגנטי? (3 נקודות)

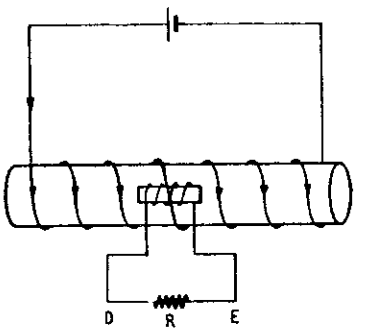


.10 סילונית ארוכה, שבה 6000 ליפופים לכל מטר, מחוברת למקור מתח המזרים בה זרם I. עוצמתו של זרם זה משתנה עם הזמן t לפי הפונקציה $I = \frac{3}{t+1}$.
(t נמדד בשניות; I נמדד באמפרים).

במרכז הסילונית מצוי סליל דק, שרדיוסו 2 cm ובו 25 ליפופים.
ציר הסליל מתלכד עם ציר הסילונית.
הסליל מחובר לנגד R, שהתנגדותו 5Ω (התנגדות הסליל ניתנת להזנחה).

א. מהי עוצמת הזרם המושרה בנגד ברגע t = 2s? (7 נקודות)

ב. מהו כיוונו של הזרם בנגד R (מ-D ל-E או מ-E ל-D)? נמק! (3 נקודות)



עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

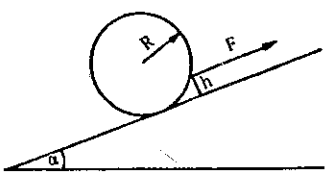
פרק ראשון - מכניקה של גוף קשיח

.11 כדור אחיד, שמסתו m = 5 kg ורדיוסו R = 10 cm נמשך במעלה מדרון באמצעות חוט המקביל למדרון ונע במהירות קבועה. זוית השיפוע של המדרון היא α = 37° ומקדם החיכוך בין הכדור למדרון הוא μ = 0.5 (ראה תרשים).

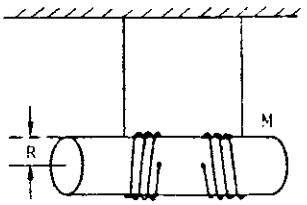
א. באיזה כוח F נמשך הכדור? (3 נקודות)

ב. באיזה מרחק h מעל פני המדרון יש לקשור את החוט לכדור, על מנת שבעת עלייתו יישאר החוט במרחק קבוע מן המדרון? (6 נקודות)

ג. אילו חובר החוט לכדור במרחק h = 10 cm מעל פני המדרון והיה נמשך באותו כוח F, מה היה קורה לכדור? נמק. (1 נקודה)



.12 שני חוטים חסרי מסה כרוכים סביב גליל אחיד, שמסתו M ורדיוסו R. שני החוטים מחוברים לתקרה, כמתואר בתרשים. בהנחה שהחוטים אינם מחליקים על הגליל, מצא:



א. את התאוצה הקוית בה הגליל נופל.
(3 נקודות)

ב. את המתיחות בכל אחד מהחוטים.
(2 נקודות)

ג. את המהירות הזוויתית של הגליל, לאחר שנפל מרחק h ממצבו ההתחלתי.
(3 נקודות)

ד. מה יקרה לגליל לאחר הגיעו לנקודה הנמוכה ביותר? (1 נקודה)

ה. עורכים את הניסוי שנית בגליל חלול בעל אותה מסה ואותו רדיוס. האם המהירות הזוויתית, כפי שחושבה בסעיף ג', תגדל, תקטן, או לא תשתנה? נמק את תשובתך! (1 נקודה)

פרק שני - אנרגית החום (תרמודינמיקה)

.13 משאבת חום היא מכונה הקולטת כמות חום Q_2 מסביבה חיצונית בטמפרטורה T_2, ופולטת כמות חום Q_1 לתוך הבית בטמפרטורה T_1. נתון כי $T_2 > T_1$. לצורך ביצוע התהליך, מושקעת עבודה בשיעור W להון המכונה. המכונה עובדת באופן מחזורי, כך שבתום כל מחזור היא נמצאת באותו מצב בו נמצאה בתחילתו.

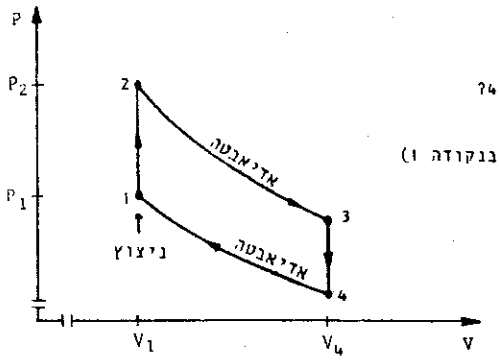
א. מהו הקשר בין Q_1, Q_2 ו- W? (2 נקודות)

ב. משאבת חום פועלת בין סביבה חיצונית - בה הטמפרטורה היא -5°C, לבין פנים הבית - הנמצא בטמפרטורה של 17°C.
מנוע חשמלי מספק למכונה את האנרגיה הדרושה לפעולתה.
בהנחה שהמכונה היא אידיאלית, כמה חום יסופק לפנים הבית עבור כל ג'יול של אנרגיה חשמלית המושקע במכונה? (4 נקודות)

ג. מהו יתרונה של משאבת חום על פני מתקני חימום אחרים? (2 נקודות)

ד. האם ייתכן שימוש במשאבת חום לשם קירור פנים הבית בקיץ? הסבר (2 נקודות)

.14 מנוע שריפה פנימית ניתן לתיאור מקורב על-ידי מחזור, כמתואר בתרשים. נניח כי הגז הוא גז אידיאלי ויחס הדחיסה 1 : 4, כלומר, $V_4 = 4V_1$. כמו כן, נניח כי $P_2 = 3P_1$. (ראה תרשים).



א. מהו הלחץ ומהי הטמפרטורה בכל אחת מן הנקודות 2, 3, 4? בטא תשובתך במונחים של:
P_1 ו- T_1 (הלחץ והטמפרטורה בנקודה 1)
ו- γ ($\gamma = \frac{C_p}{C_v}$). (8 נקודות)

ב. מצא ביטוי ליעילות התהליך כפונקציה של γ. (2 נקודות)

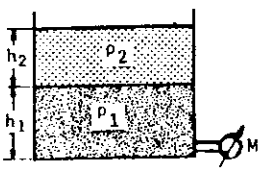
(הערה: בכל החישובים מותר להניח כי המצבים 1, 2, 3, 4 הם מצבי שיווי-משקל).

פרק שלישי – תורת הנוזלים והגזים

15. א. תאר והסבר ניסוי למדידת מהירות דרימה של נוזל בעזרת צינור ונטורי. (5 נקודות)

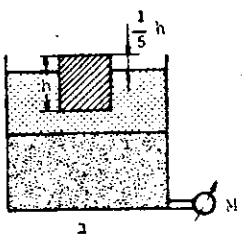
ב. מים זורמים בצינור אופקי בעל חתך משתנה.
קוטר הצינור בכניסה הוא 20 cm וקוטרו ביציאה הוא 10 cm.
מהי ספיקת הצינור, אם לחץ המים בכניסה הוא $16\ \frac{N}{cm^2}$ וביציאה $12\ \frac{N}{cm^2}$?
(כלומר, כמה ליטרים מים עוברים דרך חתך הצינור בכל שנייה?) (5 נקודות)

16. במיכל גלילי, ששטח החתך שלו $S_1 = 4m^2$, נמצאים שני נוזלים שאינם מתערבבים.
הנוזל הראשון, שצפיפותו $\rho_1 = 1.4\ \frac{gr}{cm^3}$, ממלא את המיכל עד לגובה $h_1=80cm$.
מעליו נמצא הנוזל השני, שצפיפותו $\rho_2 = 0.8\frac{gr}{cm^3}$, והוא מגיע עד לגובה $h_2=60cm$ מעל פני הנוזל הראשון.
בתחתית המיכל, קרוב מאוד לבסיסו, מצוי מנומטר M למדידת לחץ הנוזל על דופן המיכל (ראה תרשים א').
לחץ האויר במקום בו מצוי המיכל הגלילי הוא $10\ \frac{N}{cm^2}$.



א

כשמכניסים לתוך המיכל גוף גלילי, ששטח בסיסו $S_2 = 1m^2$ וגובהו $h = 50cm$, הוא צף בנוזל העליון כשהוא זקוף ו $\frac{1}{5}$ מגובהו במצאת מעל פני הנוזל (ראה תרשים ב').



ב

א. מהי צפיפות החומר ממנו עשוי הגוף הגליל? (2 נקודות)

ב. מהו הלחץ הנמדד על-ידי המנומטר M לפני הכנסת הגוף הגלילי לנוזל שבמיכל ומהו הלחץ הנמדד על-ידו לאחר הכנסת הגוף הגלילי? (5 נקודות)

ג. מה תהיה צפיפות החומר של גוף גלילי בעל מידות זהות למידות הגוף הנ"ל, אם הוא מרחף במיכל כך שמחציתו האחת טובלת בנוזל העליון ומחציתו השנייה טובלת בנוזל התחתון? (3 נקודות)

פרק רביעי – תורת היחסות הפרטית

17. אלקטרון ופוזיטרון נעים זה לקראת זה במהירויות שוות בגודלן. גודל מהירותו של כל אחד מהם, במערכת המעבדה, הוא : $v = \frac{3}{5}c$. שני החלקיקים מתנגשים, מתחסלים ונוצרת קרינת γ.

א. הוכח כי לא ייתכן שנוצר פוטון יחיד בתהליך זה. (3 נקודות)

ב. אם בתהליך זה נוצרים שני פוטונים:

(1) הוכח כי שני הפוטונים נעים בכיוונים מנוגדים וכי הם שווי-אנרגיה. (3 נקודות)

(2) חשב את אורך הגל ואת גודל התנע של כל אחד מהפוטונים. (4 נקודות)

18. א. תאר והסבר ניסוי, המהווה אישור ישיר למסקנה כלשהי מתורת היחסות הפרטית. (5 נקודות)

ב. מהו המתח החשמלי הדרוש כדי להעניק לאלקטרון אנרגיה קינטית כזו, שתוספת המסה הקשורה בה תשווה למסת המנוחה של האלקטרון? (5 נקודות)

פרק חמישי – זרם חילופין

19.

רוצים לקבוע את השראות L ואת ההתנגדות R_L של סליל.

לשם כך חיברו את הסליל בטור עם נגד בעל התנגדות ידועה R=10Ω לספק מתח חילופין שתדירותו 50Hz.

מדדו את המתחים הבאים:

המתח על הנגד: V_R=20V

המתח על הסליל: V_L = 41.2V

המתח הכולל (בין הדקי הספק): V = 50V

קבע על-פי תוצאות אלה את L ואת R_L. (10 נקודות)

20. ספק מתח חילופין של 120V ותדירות 50Hz מזין סליל בעל X_L = 10Ω והתנגדות אומית זניחה.

כאשר מחברים במקביל לסליל נגד R, הזרם הכולל גדל פי $\frac{5}{3}$. כאשר, במקום הנגד, מחברים במקביל לסליל קבל, הזרם הכולל קטן פי 2. חשב את:

א. התנגדותו R של הנגד והזרם I_R דרכו. (3 נקודות)

ב. קיבולו C של הקבל והזרם I_C דרכו. (3 נקודות)

ג. גורם ההספק בכל אחד משלושת המקרים (סליל טהור, סליל ונגד במקביל, סליל וקבל במקביל). נמק את תשובתך. (4 נקודות)

פרק שישי – תורת האור והגלים

21. מראש מגדל, הניצב על שפת אגם, נראה ענן הנמצא בגובה 200m בזוית גובה של 30°. דמותו המשתקפת במים נראית בזוית עומק של 45°.

א. חשב את גובה המגדל. (4 נקודות)

ב. הכן תרשים (בקנה-מידה) בו יצויגו המגדל, פני המים, הענן ודמותו, ושרטט בו את מהלכה של קרן אור היוצאת מהענן, פוגעת בפני המים ומוחזרת אל הצופה הנמצא בראש המגדל.

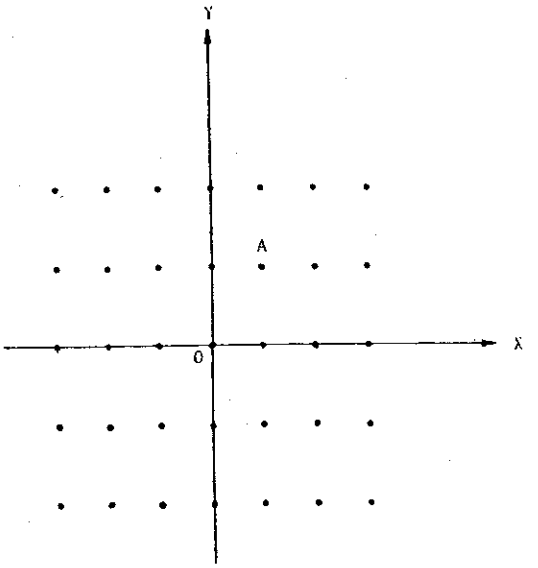
התייחס אל הענן ואל הצופה כאל עצמים נקודתיים. (6 נקודות)

22. אור לייזר בעל אורך גל 6300 Å פוגע במאונך בשני סריגים צמודים וניצבים זה לזה (כלומר, החריצים בסריג האחד מאונכים לחריצים בסריג השני).

קבועי הסריגים הם: $N_1^* = 1000 \frac{1}{cm}$

$N_2^* = 1500 \frac{1}{cm}$

על מסך, הנמצא במרחק 1m מן הסריגים, מתקבלת תבנית ההתאבכות הבאה:



א. הסבר את תמונת ההתאבכות המתקבלת. (2 נקודות)

ב. איזה מהסריגים מכוון כך שחריציו מקבילים לציר x? הסבר את תשובתך. (2 נקודות)

ג. חשב את המרחק בין הנקודות O ו A שבתרשים. (6 נקודות)

פרק שביעי - פיסיקה מודרנית

23. נתונות שתי שפופרות פוטואלקטריות:

בשפופרת A, אנרגיית הקשר של האלקטרונים בקתודה היא 3.10 eV.

בשפופרת B, אנרגיית הקשר של האלקטרונים בקתודה היא 1.77 eV.

תחום אורכי הגל של האור הנראה הוא 4000 Å - 7000 Å.

א. באיזו שפופרת יש להשתמש, על מנת שאלקטרונים ייפלטו מהקתודה כאשר פוגע בה אור נראה כלשהו? נמק. (4 נקודות)

ב. מהו המתח הדרוש כדי להבטיח שהזרם בשפופרת, שבחרת בסעיף א', יתאפס, כאשר היא מוקרנת באור נראה כלשהו? (4 נקודות)

ג. המתח, שחישבת בסעיף ב', הופעל. אל השפופרת כאון אור שמש. האם יזרום בה זרם? נמק. (2 נקודות)

.24 א. מהו אורך גל דה-ברולי של כדורגל שמסתו 400 gr ומהירותו $5\frac{m}{s}$? (4 נקודות)

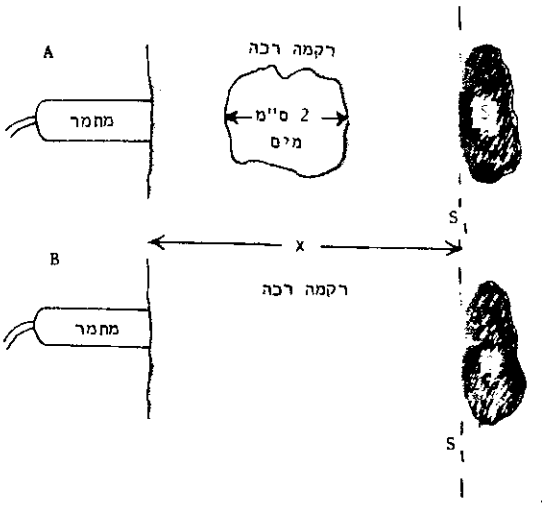
ב. פוטון בעל אורך גל $0.05\ \mathring{A}$ פגע באלקטרון חופשי הנמצא במנוחה. כתוצאה מההתנגשות התקבל פוטון בעל אורך גל $0.06\ \mathring{A}$.

מה תהיה האנרגיה הקינטית של האלקטרון לאחר ההתנגשות? (6 נקודות)

פרק שמיני - פיסיקה בשרות האיבחון הרפואי

.25 אותות על-קוליים, שתדירותם 1 MHz ועוצמתם I_0, משודרים לתוכים A ו B כמתואר באיור, במטרה למדוד את עומקו (x) של גוף זר S.

<u>במקרה B</u> ההד ממשטח S_1 נקלט במתמר 80 מיקרושניות לאחר שידור האות.



א. שרטט (איכותית) את תמונות ההד החד-מימדיות (עוצמת ההד כפונקציה של הזמן) המתקבלות בשני המקרים. ציין מה דומה ומה שונה בשתי תמונות ההד. (4 נקודות)

ב. הערך את העומק x. (2 נקודות)

ג. הערך את עוצמות ההד הנקלט במתמר ממשטח S_1, במקרה A ובמקרה B, אם נתון כי העכבה האופיינית של החומר S היא $8\cdot10^6\ \frac{kg}{m^2s}$ (4 נקודות)

.26 נמצא כי חומר מסוים (x) נוטה להתרכז באיבר A. מעוניינים לנצל תופעה זו לבדיקת איבר A על-ידי סימון החומר x ברדיואיזוטופ, הזרקתו של החומר המסומן לגוף, וצילום האזור במצלמת γ.

בין שאר הבדיקות שיש לערוך לעוקב החדש, יש להגדיר את זמן החיים הביולוגי שלו בגוף, כדי לקבוע את התנאים המתאימים ביותר לשימוש בו. לשם כך מזריקים לגוף את העוקב x, המסומן ב- ^{99}Tc, מודדים את פעילות העוקב מתוך איבר A, ומעריכים את סך כל פעילות העוקב בגוף כפונקציה של הזמן.

התוצאות שהתקבלו במדידות מוצגות בטבלה:

T (זמן מרגע ההזרקה)	10 דקות	20 דקות	30 דקות	1 שעה	2 שעות	4 שעות	6 שעות
פעילות העוקב באיבר A מניות/דקה	3000	5000	6000	5500	4000	1700	1000
הערכת פעילות כל העוקב שנותר בגוף (מניות/דקה), כולל באיבר A					5700		1900

א. הערך את זמן מחצית החיים השקול של העוקב x בגוף. (3 נקודות)

ב. הערך את פעילות העוקב שהוזרק, בזמן ההזרקה. (2 נקודות)

ג. כעבור כמה זמן מרגע ההזרקה תמליץ לבצע את בדיקת האיבר A באמצעות מצלמת γ? נמק.

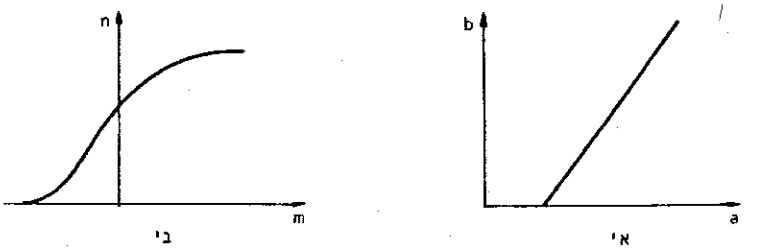
הערך כמה אחוזים מתוך העוקב הנמצא בגוף בזמן זה הצטברו באיבר A. (3 נקודות)

ד. הערך את זמן מחצית החיים הביולוגי של העוקב x בגוף. (2 נקודות)

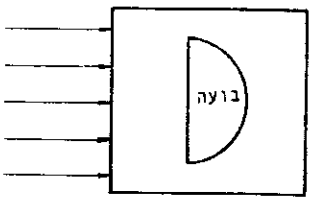
חלק ד' – שאלון השלמה

עליך לענות על חמש משמונה השאלות 34 – 27.

.27 בניסויים באפקט הפוטואלקטרי נתקבלו תוצאות אשר סוכמו בגרפים א' ו-ב'. מהם המשתנים a, b, m, n, המופיעים בצירי השיעורים של הגרפים?



ב' א'



.28 בועה אויר נמצאת בגוש זכוכית.
(ראה הרשים).
אלומת אור מקבילה פוגעת בגוש הזכוכית.
העתק למחברתך את התרשים, ושרטט בו את מהלכן של קרני האור בתוך גוש הזכוכית.

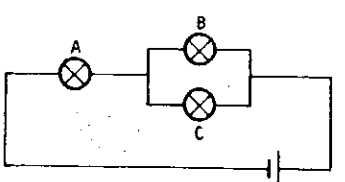
.29 בניסוי, הדומה לניסוי פרנק-הרץ, התקבל הגרף המתואר בתרשים.
הסבר את הירידה החדה לאחר השיא.

.30 נניח כי ניתן היה לחפור בור בעומק של 500 ק"מ, בכיוון מרכז כדור-הארץ.
כיצד היה משתנה משקלו של גוף, הנח על קרקעית בור זה, ביחס למשקלו על פני כדור-הארץ? נמק את תשובתך. (הנח כי צפיפותו של כדור-הארץ היא אחידה)

.31 תאר בקצרה שתי תופעות, המעידות על אופיו הגלי של האור, ושתי תופעות, המעידות על אופיו החלקיקי של האור.

.32 זמן מחצית-החיים של יסוד רדיואקטיבי הוא 24 יום.
חשב לאחר כמה זמן יורדת פעילותו של יסוד זה (מספר ההתפרקויות לשנייה) לשמינית מערכה ההתחלתי.

.33 לפניך תרשים של מעגל חשמלי, ובו 3 נורות זהות (A, B, C):



מה יקרה לעוצמת האור של הנורות A ו B כאשר הנורה C תישרף? נמק.

.34 שני מחוללי גלים נקודתיים נמצאים במרחק d זה מזה ויוצרים תבנית התאבכות באמצע גלים.
לצידו של אחד המחוללים האלה, במרחק d ממנו, מציבים מחולל שלישי, הזהה לקודמיו.
מה יקרה עתה במקומות שבהם היו מצויים קודם קווי צומת?

תשובות סופיות - מבחן 1986

1. א. תאוצה משתנה. ב. $a = 3\frac{m}{sec^2}$ (2) $v_t = 3\frac{m}{sec}$ (1) $v_t = 9\frac{m}{sec}$

(3) $v_t = 6.71\frac{m}{sec}$ $\alpha = 63^0 26'$

2. א. $t = 0.785\ sec$ ב. $U = 0.1\frac{m}{sec}$; $A = 0.05\ m$

ג. שניהם יגיעו בו זמנית.

3. א. $u_2 = 3\frac{m}{sec}$; (2) $u_1 = 1\frac{m}{sec}$; (1) $U = 1.5\frac{m}{sec}$

4. א. $v = 4.47\frac{m}{sec}$; $X = 0.8\ m$ ב. $h = 0.2\ m$

5. ב. $a_B = 7\frac{m}{sec^2}$; $a_A = 1\frac{m}{sec^2}$ ג. $t = 0.5\ sec$

6. א. $C = 3.7\cdot 10^{-12}\ F$

ב. $C = 9.24\cdot 10^{-12}\ F$; $Q_2 = 2.22\cdot 10^{-9}\ C$; $Q_1 = 3.33\cdot 10^{-9}\ C$

7. א. $\epsilon = 88\ V$ ב. $R = 6\ \Omega$ ג. $I = 16\ A$

8. א. $R = r$ ב. $R' = 1\ \Omega$

9. א. תנועה מעגלית ב. מחוץ לדף ג. $B = 0.72\ T$

10. א. $I = 1.578\cdot 10^{-5}\ A$ ב. מ- D ל- E

11. א. $F = 50\ N$ ב. $h = 6\ cm$ ג. מתחיל לנוע בכיוון השעון

12. א. $a = 6.67\frac{m}{sec^2}$ ב. $T = \frac{5M}{3}$ ג. $\omega = \sqrt{\frac{4gh}{3R^2}}$

13. א. $Q_1 = W + Q_2$ ב. $Q = 13.2\ J$

14. א. $T_3 = 3\cdot 4^{1-\gamma}\cdot T_1$; $P_3 = 3\cdot 4^{-\gamma}\cdot P_1$; $T_2 = 3\cdot T_1$; $P_2 = 3\cdot P_1$

$T_4 = 4^{1-\gamma}\cdot T_1$; $P_4 = 4^{-\gamma}\cdot P_1$ ב. $1 - 4^{1-\gamma}$

.15 ב. $Q = 72.5 \frac{L}{sec}$

.16 א. $\rho = 0.64 \frac{gr}{cm^3}$ ב. $P_1 = 11.6 \frac{N}{cm^2}$; $P_2 = 11.68 \frac{N}{cm^2}$

ג. $\rho_3 = 1.1 \frac{gr}{cm^3}$

.17 ב. $\lambda = 1.95 \cdot 10^{-2}$ Å (2)

.18 ב. $V = 0.511 \cdot 10^6$ V

.19 $R_L = 5\ \Omega$; $L = 0.0636$ H

.20 א. $I_R = 16$ A ; $R = 7.5\ \Omega$

ב. $I_{C1} = 6$ A ; $C_1 = 1.59 \cdot 10^{-4}$ F $I_{C2} = 18$ A ; $C_2 = 4.77 \cdot 10^{-4}$ F

ג. (1) 0 (2) 0.8 (3) 0

.21 א. $h = 53.64$ m

.22 ב. N_2^* ג. $\overline{OA} = 0.1136$ cm

.23 א. שפופרת B ב. $V = 1.33$ V ג. יהיה זרם במעגל

.24 א. $\lambda = 3.315 \cdot 10^{-24}$ Å ב. $E_K = 6.63 \cdot 10^{-15}$ J

.25 ב. $X = 6$ cm ג. $I = 0.21 \cdot I_0$; $I = 0.14 \cdot I_0$

.26 א. $T_{1/2} = 2.5$ sec ב. $1000 \frac{n}{min}$ ג. $8700 \frac{n}{min}$ ד. $T_{1/2} = 4.3$ h

.27 א. E_K כפונקציה של ν ב. I כפונקציה של V

.30 הגוף ישקול 92.2% ממשקלו על פני כדור הארץ.

.32 $t = 32$ days

.33 בנורה A הזרם יקטן ובנורה B הזרם יגדל.

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. תאוצת הגוף משתנה מכיוון שהכח השקול הפועל עליו משתנה.

ב. תאוצת הגוף לאחר 4 sec, וזה לא משנה באיזה מצב, שווה ליחס בין הכח באותו הרגע והמסה של הגוף: $a = \frac{F}{m} = \frac{6}{2} = 3\ \frac{m}{sec^2}$

כדי למצוא את המהירות הרגעית לאחר 4 sec ניתן להסתכל על הבעיה כאילו פועל כח קבוע ממוצע. במשך 4 sec פועל כח ממוצע של:

$$\overline{F} = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{0 + 6}{2} = 3\ N$$

ביחס לכח הממוצע הזה התנועה היא שוות תאוצה וניתן לחשב את התאוצה הקבועה. (זאת אינה תאוצה אמיתית אלא תאוצה ממוצעת!):

$$\overline{a} = \frac{\overline{F}}{m} = \frac{3}{2} = 1.5\ \frac{m}{sec^2}$$

אם הכח פועל בכיוון המהירות ההתחלתית אז: $v_0 = 3\ \frac{m}{sec}$

$$v_t = v_0 + at = 3 + 1.5 \cdot 4 = 9\ \frac{m}{sec}$$

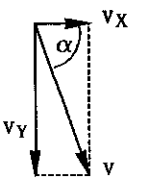
אם הכח פועל בכיוון הפוך לכיוון המהירות ההתחלתית אז:

$$v_0 = -3\ \frac{m}{sec}$$

$$v_t = v_0 + at = -3 + 1.5 \cdot 4 = 3\ \frac{m}{sec}$$

המהירות היא חיובית, זאת אומרת שהיא בכיוון הכח ולא בכיוון המהירות ההתחלתית.

אם הכח פועל בניצב לכיוון המהירות ההתחלתית התנועה מתקיימת בשני הצירים. בציר שבו היתה המהירות ההתחלתית (נקרא לו ציר X) המהירות נשארת קבועה כי לא פועל כח. בכיוון בו פועל כח התנועה היא תנועה בתאוצה, כאשר: $v_0 = 0$.



$$v_{tY} = v_0 + at = 0 + 1.5 \cdot 4 = 6\ \frac{m}{sec}$$

$$v_{tX} = v_0 = 3\ \frac{m}{sec}$$

המהירות השקולה היא: $v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2} = \sqrt{6^2 + 3^2} = 6.71\ \frac{m}{sec}$

הכיוון הוא: $tg(\alpha) = \frac{v_Y}{v_X} = \frac{6}{3} = 2 \implies \alpha = 63^0 26'$

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. הגוף A נע בהשפעת קפיץ. תנועה זו היא חלק מתנועה הרמונית, ונתון שכאשר יפגע הגוף A בגוף B הקפיץ יהיה רפוי, היינו שזהו מצב שיווי משקל. התנועה מנקודת הקצה ועד נקודת שיווי המשקל היא רבע זמן מחזור.

$$t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4}\cdot 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{7.5}{30}} = 0.785\ \text{sec}$$

ב. נמצא את מהירות הגוף A מיד לפני ההתנגשות בעזרת שיקולי אנרגיה. כל האנרגיה הפוטנציאלית בקצה הופכת לקינטית במרכז:

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot k\cdot A^2 \implies v = \sqrt{\frac{k}{m}}\cdot A = \sqrt{\frac{30}{7.5}}\cdot 0.1 = 0.2\ \frac{m}{sec}$$

(1) נמצא את מהירותם המשותפת בעזרת חוק שימור התנע בהתנגשות פלסטית: $m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2 = (m_1 + m_2)\cdot U$

$$U = \frac{m_1\cdot u_1 + m_2\cdot u_2}{m_1 + m_2} = \frac{7.5\cdot 0.2 + 7.5\cdot 0}{7.5 + 7.5} = 0.1\ \frac{m}{sec}$$

התנועה לאחר ההתנגשות היא תנועה של מסה אחת של 15 kg וקפיץ שניתן להסתכל עליו כקפיץ אפקטיבי שהקבוע שלו הוא סכום הקבועים. (כי למשל תזוזה ימינה מנקודת שיווי המשקל גורמת גם לקפיץ הימני וגם לקפיץ השמאלי להפעיל כח שמאלה, הראשון כי הוא התכווץ והשני כי הוא נמתח. אבל העיקר ששניהם פועלים תמיד באותו הכיוון ולכן ניתן לחבר ביניהם)

(2) את האמפליטודה נמצא משיקולי אנרגיה:

$$\frac{1}{2}\cdot M\cdot U^2 = \frac{1}{2}\cdot K\cdot A^2 \implies A = \sqrt{\frac{M}{K}}\cdot U = \sqrt{\frac{15}{60}}\cdot 0.1 = 0.05\ m$$

ג. זמן התנועה של גוף הנע בתנועה הרמונית לא תלוי במשרעת שלו. מכיוון ששני הגופים הם בעלי מסות שוות וקבוע הקפיץ שלהם זהה גם זמן המחזור שלהם זהה. לכן, שניהם יגיעו בו זמנית לנקודת שיווי המשקל ושם יפגשו.

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. נמצא את מהירות הכדור A לפני ההתנגשות בעזרת שיקולי אנרגיה. גובה הכדור בנקודה A הוא רדיוס הכדור r.

$$E_A = E_S \implies mg\cdot r = \frac{1}{2}\cdot mv^2$$

$$v = \sqrt{2g\cdot r} = \sqrt{2\cdot 10\cdot 0.2} = 2\,\frac{m}{sec}$$

נמצא את המהירות אחרי ההתנגשות בעזרת חוק שימור התנע:

$$m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2 = m_1\cdot u_1 + m_2\cdot u_2$$

(1) במקרה הראשון: $m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2 = (m_1 + m_2)\cdot U$

$$U = \frac{m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{0.06\cdot 2 + 0.02\cdot 0}{0.06 + 0.02} = 1.5\,\frac{m}{sec}$$

(2) במקרה השני, משוואת שימור התנע היא:

$$0.06\cdot 2 + 0.02\cdot 0 = 0.06\cdot u_1 + 0.02\cdot u_2$$

$$(1)\quad 6 = 3\cdot u_1 + u_2$$

משוואת שימור האנרגיה הקינטית היא:

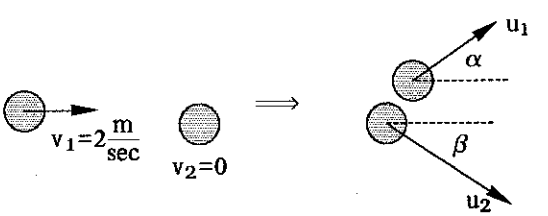
$$u_1 - u_2 = v_2 - v_1 \implies u_1 - u_2 = 0 - 2$$

$$(2)\quad 2 = u_2 - u_1$$

משתי המשוואות נמצא: $u_1 = 1\,\frac{m}{sec}\ ;\ u_2 = 3\,\frac{m}{sec}$

שתי המהירויות חיוביות ולכן שני הכדורים ממשיכים בכיוון התנועה המקורי.

ב. במקרה השלישי שימור התנע הוא בכל ציר בנפרד.



שימור התנע בציר ה- Y , מכיוון שהיה אפס לפני ההתנגשות:

$$0 = m\cdot u_1\cdot \sin(\alpha) - m\cdot u_2\cdot \sin(\beta)$$

שימור התנע בציר ה- X:

$$m\cdot v_1 = m_1\cdot \cos(\alpha) + m_2\cdot \cos(\beta)$$

שימור האנרגיה הקינטית : $\frac{1}{2}\cdot m_1\cdot v_1^2 = \frac{1}{2}\cdot m_1\cdot u_1^2 + \frac{1}{2}\cdot m_2\cdot u_2^2$

שלוש משוואות בשלושה נעלמים : $u_1\ ,\ u_2\ ,\ \beta$

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. נמצא את מהירות יציאת הכדור מן המסילה אל האויר משיקולי אנרגיה. בנקודה העליונה האנרגיה פוטנציאלית בלבד ובנקודה התחתונה האנרגיה קינטית בלבד.

$$mg \cdot h_{max} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{max}^2$$

$$v_{max} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{max}} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.2} = 2 \frac{m}{sec}$$

עם המהירות הזאת יוצא הכדור בכיוון אופקי ומבצע תנועה של זריקה אופקית.

זמן התנועה נקבע על פי התנועה בציר ה- Y שם זוהי נפילה חופשית:

$$H = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.8}{10}} = 0.4 \text{ sec}$$

(1) בזמן הזה הגוף מתקדם בציר ה- X בתנועה שוות מהירות. המהירות היא המהירות איתה התחיל את הזריקה האופקית:

$$X = v_X \cdot t = 2 \cdot 0.4 = 0.8 \text{ m}$$

המהירות בכיוון Y ברגע הפגיעה בקרקע היא:

$$v_Y = g \cdot t = 10 \cdot 0.4 = 4 \frac{m}{sec}$$

(2) המהירות השקולה היא:

$$v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2} = \sqrt{2^2 + 4^2} = 4.47 \frac{m}{sec}$$

ב. נמצא את הביטוי המלא למרחק האופקי:

$$X = v_X \cdot t = \sqrt{2g \cdot h_{max}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}} = \sqrt{4 \cdot H \cdot h_{max}}$$

הביטוי שקיבלנו אינו תלוי בתאוצת הכובד g ולכן בכל מקום ובכל כוכב יהיה הגובה h זהה: $h = 0.2 \text{ m}$

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. הכוחות הפועלים על כל תיבה הם:

נתחיל בהסבר הכוחות על הגוף B. מכיוון שהגוף נע ימינה כח החיכוך פועל שמאלה. שאר הכוחות בכיוון הרגיל.
הגוף A נע גם הוא ימינה וזאת בהשפעת כח החיכוך f_2 הפועל עליו. זוג הכוחות f_2 הפועל על שני הגופים הוא זוג כוחות פעולה ותגובה ולכן שווים בגודלם והפוכים בכיוונם.
מכיוון שהגוף A נע ימינה, כח החיכוך עם הריצפה f_1 הוא שמאלה.
על הגוף A פועל כח נוסף הנובע מהימצאות הגוף B עליו. זה לא המשקל m_Bg של הגוף B! אם כי, במקרה הפשוט שלפנינו, הם שווים.
הכח הפועל הוא כח תגובה לכח N_B שהפעיל הגוף A על הגוף B. (אם היתה תאוצה בכיוון Y הכח הנורמלי לא היה שווה למשקל הגוף).

ב. נתחיל בגוף B:

$$\Sigma F_Y = 0 \qquad \Sigma F_X = m\cdot a_B$$
$$N_B - m_Bg = 0 \qquad F - f_2 = m_B\cdot a_B$$
$$N_B = m_Bg \qquad F - \mu_2\cdot N_B = m_B\cdot a_B$$
$$F - \mu_2\cdot m_Bg = m_B\cdot a_B$$

$$a_B = \frac{F - \mu_2\cdot m_Bg}{m_B} = \frac{50 - 0.3\cdot 5\cdot 10}{5} = 7\ \frac{m}{sec^2}$$

גוף A:

$$\Sigma F_Y = 0 \qquad \Sigma F_X = m\cdot a_A$$
$$N_A - m_Ag - N_B = 0 \qquad f_2 - f_1 = m_A\cdot a_A$$
$$N_A = m_Ag + m_Bg \qquad \mu_2\cdot m_Bg - \mu_1\cdot N_A = m_A\cdot a_A$$
$$\mu_2\cdot m_Bg - \mu_1\cdot(m_A + m_B) = m_A\cdot a_A$$

$$a_A = \frac{\mu_2\cdot m_Bg - \mu_1\cdot(m_A + m_B)g}{m_B}$$

$$a_A = \frac{0.3\cdot 5\cdot 10 - 0.1\cdot(5+5)\cdot 10}{5} = 1\ \frac{m}{sec^2}$$

ג. המרחק היחסי שעל הגוף B לעבור ביחס לגוף A הוא:

$$X_{AB} = L_1 - L_2 = 1 - 0.25 = 0.75\ m$$

התאוצה היחסית בין הגופים היא הפרש התאוצות:

$$a_{AB} = a_B - a_A = 7 - 1 = 6\ \frac{m}{sec^2}$$

התנועה היא שוות תאוצה ומתחילה ממנוחה:

$$X_{AB} = \frac{1}{2}\cdot a_{AB}\cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2\cdot X_{AB}}{a_{AB}}} = \sqrt{\frac{2\cdot 0.75}{6}} = 0.5\ sec$$

פיתרון מספר 6 - חשמל

א. בחיבור האלקטרומטר (C_1) לכדור (C_2) עברו מטענים מן האלקטרומטר לכדור אבל המטען הכללי Q נשאר קבוע.

מכיוון שהחיבור לכדור הוא חיבור במקביל (כי המתחים שווים), הקיבול השקול הוא סכום הקיבולים.

קיבול של כדור הוא: $C = \frac{R}{K} = \frac{0.05}{9\cdot 10^9} = 5.55\cdot 10^{-12}\ F$

לפני Q = אחרי Q $\Longrightarrow$ $C_1\cdot V_1 = (C_1 + C_2)\cdot V_2$

$$C_1 = C_2\cdot\frac{V_2}{V_1 - V_2} = 5.55\cdot 10^{-12}\cdot\frac{600}{1500 - 600} = 3.7\cdot 10^{-12}\ F$$

ב. המטען על הכדור הוא: $Q = C_2\cdot V_2 = 5.55\cdot 10^{-12}\cdot 600 = 3.33\cdot 10^{-9} C$

המטען על האלקטרומטר הוא:

$$Q = C_1\cdot V_2 = 3.7\cdot 10^{-12}\cdot 600 = 2.22\cdot 10^{-9}\ C$$

המטען הכללי עדיין קבוע.

לפני Q = אחרי Q $\Longrightarrow$ $C_1\cdot V_1 = (C_1 + C_2 + C_3)\cdot V_2$

$$C_3 = \frac{C_1\cdot(V_1 - V_3) - C_2\cdot V_3}{V_3}$$

$$C_3 = \frac{3.7\cdot 10^{-12}\cdot(1500 - 300) - 5.55\cdot 10^{-12}\cdot 300}{300} = 9.24\cdot 10^{-12}\ F$$

פיתרון מספר 7 - חשמל

במקרה א' הזרם הנמדד הוא לא הזרם הכללי במעגל. האמפרמטר מחובר בטור לאחד הנגדים ואילו נגד שני מחובר לו במקביל. מכיוון שהנגדים זהים הזרם הכללי הוא גדול פי שניים:

$$I = 2\cdot 2.75 = 5.5\ A$$

ההתנגדות החיצונית (ללא הנגד הפנימי) השקולה במעגל היא של שני נגדים המחוברים במקביל, והשקול שלהם מחובר בטור לשני נגדים נוספים:

$$R_T = R + \frac{R\cdot R}{R + R} + R = 2.5\cdot R$$

משוואת המתח של המעגל היא:

$$\epsilon = I\cdot(R_T + r) = 5.5\cdot(2.5\cdot R + 1)$$

במקרה ב' הזרם הנמדד הוא הזרם הכללי. שני הנגדים הקיצוניים מחוברים בטור והשקול שלהם מחובר במקביל לנגד השלישי. כל השלושה מחוברים בטור לנגד הרביעי.

ההתנגדות החיצונית השקולה היא: $R_T = \frac{2R\cdot R}{2R + R} + R = \frac{5}{3}\cdot R$

משוואת המתח של המעגל היא:

$$\epsilon = I\cdot(R_T + r) = 8\cdot(\frac{5}{3}\cdot R + 1)$$

משתי המשוואות נמצא: $5.5\cdot(2.5\cdot R + 1) = 8\cdot(\frac{5}{3}\cdot R + 1)$

ומכאן: $R = 6\ \Omega$

$$\epsilon = 8\cdot(\frac{5}{3}\cdot 6 + 1) = 88\ V$$

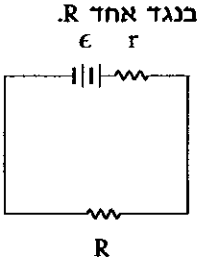
ג. במעגל ג' האמפרמטר מודד את הזרם הכללי במעגל.
ההתנגדות השקולה היא של שלושה נגדים המחוברים בטור, והשקול שלהם מחובר במקביל לנגד הרביעי:

$$R_T = \frac{3R\cdot R}{3R + R} = \frac{3}{4}\cdot R = \frac{3}{4}\cdot 6 = 4.5\ \Omega$$

הזרם הוא: $I = \frac{\epsilon}{R_T + r} = \frac{88}{4.5 + 1} = 16\ A$

פיתרון מספר 8 - חשמל

נסתכל על מעגל שכל התנגדותו החיצונית מרוכזת בנגד אחד R.



הזרם במעגל הוא: $I = \frac{\epsilon}{R+r}$

ההספק המנוצל במעגל הוא ההספק של ההתנגדות החיצונית:

$$P = I^2\cdot R = \left(\frac{\epsilon}{R+r}\right)^2\cdot R$$

כדי למצוא את ההספק המכסימלי צריך לגזור את הפונקציה P לפי המשתנה R ולהשוותה לאפס, כי השאלה היא מהו R שיגרום למכסימום ב- P.

$$P' = 2\cdot\left(\frac{\epsilon}{R+r}\right)\cdot\left(\frac{-\epsilon}{(R+r)^2}\right)\cdot R + \left(\frac{\epsilon}{R+r}\right)^2\cdot 1 = 0$$

נצמצם ב- $\frac{\epsilon^2}{(R+r)^2}$ ונקבל: $-2\cdot\frac{R}{R+r} + 1 = 0$

מכאן: $R = 0.5\cdot(R+r)$ ולכן: $R = r$.

כדי לבדוק שזהו מכסימום עלינו לבדוק האם הנגזרת השניה שלילית. לשם כך נגזור את המונה בלבד (המכנה הוא חיובי), לאחר שנעשה מכנה משותף לנגזרת:

$$P' = \frac{\epsilon^2\cdot[(R+r) - 2\cdot R]}{(R+r)^3} = \frac{\epsilon^2\cdot[r - R]}{(R+r)^3}$$

נגזרת המונה היא (-1) ולכן זהו מכסימום.

כך שהמסקנה מן החישוב היא שכאשר ההתנגדות החיצונית שווה להתנגדות הפנימית ההספק בנגד החיצוני הוא מכסימלי. במקרה שלנו צריך לכוון את הנגד המשתנה ל- $2\ \Omega$.

ב. נסתכל בביטוי להספק: $P = I^2\cdot R = \left(\frac{\epsilon}{R+r}\right)^2\cdot R$

זהו ביטוי ריבועי כך שיש שתי תשובות לכל ערך של P. נחפש התנגדות נוספת R' הנותנת את אותו ההספק:

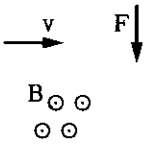
$$\left(\frac{\epsilon}{R'+2}\right)^2\cdot R' = \left(\frac{\epsilon}{4+2}\right)^2\cdot 4 \implies \frac{R'}{(R'+2)^2} = \frac{4}{36}$$

$$36\cdot R' = 4\cdot(R'+2)^2 \implies R' = 4\ \Omega\ ;\ 1\ \Omega$$

בנוסף לערך של $4\ \Omega$ גם נגד של $1\ \Omega$ פולט את אותו ההספק.

פיתרון מספר 9 - חשמל

א. מטען חשמלי הנכנס במאונך לשדה מגנטי נע בתנועה מעגלית כי הכח המגנטי מאונך בכל רגע למהירות.

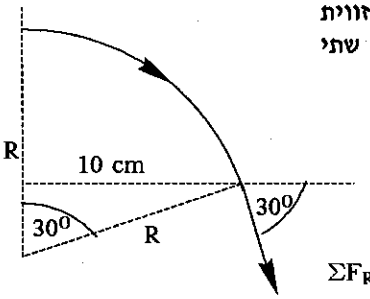


ב. כיוון המהירות הוא ימינה וכיוון הכח הוא למטה. כלל יד ימין לגבי מטענים חיוביים נותן שכיוון השדה המגנטי הוא מחוץ לדף.

ג. נמצא קודם כל את מהירות הכניסה של הפרוטונים: $E_K = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$

$$v = \sqrt{\frac{2\cdot E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 10^6\cdot 1.6\cdot 10^{-19}}{1.67\cdot 10^{-27}}} = 1.38\cdot 10^7\ \frac{m}{sec}$$

המסלול בתוך השדה המגנטי הוא, כאמור חלק ממעגל. זווית היציאה שווה לזווית המרכזית של המעגל כי השוקיים של שתי הזוויות מאונכות בהתאמה.



מכאן: $R = \frac{0.1}{\sin(30^0)} = 0.2\ m$

משוואת הכוחות היא:

$$\Sigma F_R = m\cdot a_R = m\cdot\frac{v^2}{R}$$

$$q\cdot v\cdot B = m\cdot\frac{v^2}{R}$$

$$B = \frac{m\cdot v}{q\cdot R} = \frac{1.67\cdot 10^{-27}\cdot 1.38\cdot 10^7}{1.6\cdot 10^{-19}\cdot 0.2} = 0.72\ T$$

פיתרון מספר 10 - חשמל

נסביר קודם באופן עקרוני את המתרחש בשאלה. בסילונית הארוכה זורם זרם. בגלל הזרם נוצר בסילונית שדה מגנטי. בתוך הסילונית יש סליל דק שבגלל שהוא נמצא בתוך שדה מגנטי עובר דרכו שטף מגנטי. שינוי הזרם בסילונית גורם לשינוי השדה הגנטי שלה ולכן גם לשינוי השטף המגנטי דרך הסליל הדק. שינוי זה גורם ליצירת כ.א.מ. מושרה בסליל הדק.

השדה המגנטי של הסילונית, בכל רגע t, הוא:

$$B = \mu_0\cdot\left(\frac{N}{L}\right)\cdot I = 12.56\cdot 10^{-7}\cdot 6000\cdot\left(\frac{3}{t+1}\right) = \frac{0.0226}{t+1}$$

השטף המגנטי, בכל רגע t, דרך הסליל הדק הוא:

$$\Phi_B = N\cdot B\cdot S = 25\cdot\left(\frac{0.0226}{t+1}\right)\cdot\pi\cdot 0.02^2 = \frac{7.1\cdot 10^{-4}}{t+1}$$

הכ.א.מ. הרגעי הוא הנגזרת של השטף לפי הזמן:

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\Phi_B' = -\left(\frac{7.1\cdot 10^{-4}}{t+1}\right)' =$$

$$= -7.1\cdot 10^{-4}\cdot\left(\frac{1}{t+1}\right)' = \frac{7.1\cdot 10^{-4}}{(t+1)^2}$$

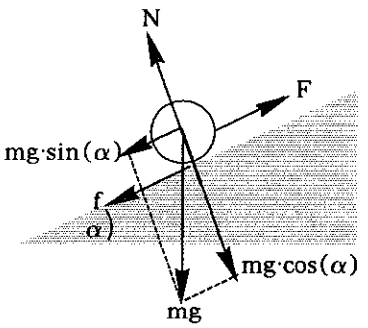
קיבלנו ביטוי לכ.א.מ. הרגעי בכל רגע שהוא. אם אנחנו מעוניינים בכ.א.מ. לאחר 2 sec נציב זאת בביטוי שקיבלנו:

$$\epsilon = \frac{7.1\cdot 10^{-4}}{(2+1)^2} = 7.89\cdot 10^{-5}\ \text{V}$$

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{7.89\cdot 10^{-5}}{5} = 1.58\cdot 10^{-5}\ \text{A}$$

ב. כיוון השדה המגנטי שנוצר בסילונית הוא משמאל לימין. שדה מגנטי זה הולך ונחלש כי הזרם הולך וקטן. כיוון שינוי השדה המגנטי הוא, לכן מימין לשמאל. השדה המגנטי המושרה נוצר בכיוון הפוך לכיוון שינוי השטף - זאת אומרת משמאל לימין. לשם כך הזרם בנגד של הסליל הדק זורם מ- D ל- E.

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח



א. בכיוון ציר Y: $\Sigma F_Y = 0$

$$N - mg\cdot\cos(\alpha) = 0$$

$$N = mg\cdot\cos(\alpha)$$

מכאן, כח החיכוך שווה:

$$f = \mu\cdot N = \mu\cdot mg\cdot\cos(\alpha)$$

בכיוון ציר X המהירות קבועה ולכן גם בציר זה שקול הכוחות שווה לאפס.

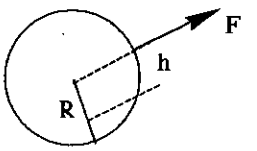
$$\Sigma F_X = 0$$

$$F - mg\cdot\sin(\alpha) - f = 0$$

$$F = mg\cdot[\sin(\alpha) + \mu\cdot\cos(\alpha)]$$

$$F = 5\cdot 10\cdot[\sin(37^0) + 0.5\cdot\cos(37^0)] = 50\,\text{N}$$

ב. כדי שהחוט ישאר במרחק קבוע המומנט השקול חייב להישאר אפס.



$$\Sigma M = 0$$

$$F\cdot(R - h) - f\cdot R = 0$$

$$h = \frac{(F - f)\cdot R}{F} = \frac{[F - \mu\cdot mg\cdot\cos(\alpha)]\cdot R}{F}$$

$$h = \frac{[50 - 0.5\cdot 5\cdot 10\cdot\cos(37^0)]\cdot 0.1}{50} = 0.06\ \text{m} = 6\ \text{cm}$$

ג. הכדור היה מתחיל להסתובב בכיוון השעון.
המומנט של הכח F מתבטל בגובה של 10 cm כי קו הפעולה שלו עובר בדיוק דרך מרכז הכדור. המומנט היחידי שנשאר הוא של כח החיכוך המסובב את הכדור בכיוון השעון.

פיתרון מספר 12 -שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. תרשים כוחות ומומנטים לגליל, במבט מהצד:

$$\Sigma F = M\cdot a$$

$$M\cdot g - 2\cdot T = M\cdot a$$

$$\Sigma M = I\cdot\alpha$$

$$2\cdot T\cdot R = I\cdot\alpha = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2\cdot\alpha$$

מכיוון שזהו גלגול ללא החלקה מתקיים הקשר: $a = \alpha\cdot R$ ומכאן:

$$T = \frac{M\cdot a}{4}$$

נציב במשוואה הראשונה:

$$M\cdot g - 2\cdot\frac{M\cdot a}{4} = M\cdot a \implies a = \frac{2\cdot g}{3} = 6.67\ \frac{m}{sec^2}$$

ב. $$T = \frac{M\cdot a}{4} = \frac{5\cdot M}{3}$$

ג. נמצא את המהירות הזוויתית בעזרת שיקולי אנרגיה. בנקודה העליונה האנרגיה היא פוטנציאלית ובנקודה התחתונה היא שילוב של אנרגיה קינטית של מרכז הכובד ואנרגית סיבוב:

$$M\cdot g\cdot h = \frac{1}{2}\cdot M\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2$$

נציב: $v = \omega\cdot R$; $I = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2$:

$$M\cdot g\cdot h = \frac{1}{2}\cdot M\cdot(\omega\cdot R)^2 + \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2\right)\cdot\omega^2 = \frac{3}{4}\cdot M\cdot\omega^2\cdot R^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{4\cdot g\cdot h}{3\cdot R^2}}$$

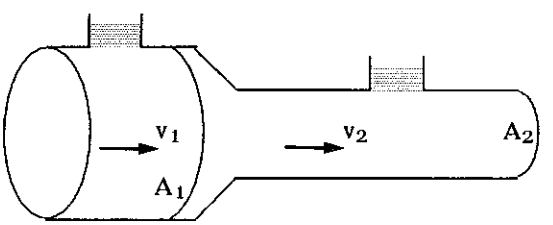
ד. כאשר הכדור מגיע לנקודה הנמוכה ביותר, לא פועל אליו לרגע אחד מומנט, אבל מכיוון שיש לו מהירות זוויתית הוא ממשיך להיסתובב והחוט מתלפף על הגליל בכיוון הפוך וגורם למומנט העוצר את המהירות הזוויתית. תוך כדי העצירה עולה הגליל מעלה (כמו יו-יו).

ה. מומנט ההתמד של גליל חלול הוא: $I = M \cdot R^2$ והוא גדול ממומנט ההתמד של הגליל המלא. ככל שמומנט ההתמד של גוף גדול יותר התנגדותו לשינוי מהירות הסיבוב שלו גדול יותר (כמו שמסה מתנגדת לשינוי מהירות קווית). לכן, המהירות הזוויתית של הגליל המלא תהיה קטנה יותר.

אם נציב את הביטוי בנוסחה של שימור האנרגיה נקבל את ההוכחה המתמטית. התוצאה המתקבלת היא: $\omega = \sqrt{\frac{g \cdot h}{R^2}}$

פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. צינור וונטורי הוא צינור בעל שני שטחי חתך שונים ידועים A_1 ו-A_2. משוואת הרציפות מקשרת בין שטח החתך של הצינור ומהירות הזרימה:
$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$



ככל ששטח חתך צר יותר מהירות הזרימה בו גדולה יותר.
לפי חוק ברנולי ככל שמהירות הנוזל גדולה יותר אז הלחץ קטן יותר:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2$$

אם דואגים שהגבהים y_1 ו- y_2 זהים ויחס שטחי החתך ולכן גם יחס המהירויות ידוע, הרי ממדידת שני הלחצים ניתן למצוא את המהירות.

ב. נשתמש במשוואת הרציפות: $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$

$$\frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot v_1 = \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot v_2 \implies \frac{v_1}{v_2} = \frac{D_2^2}{D_1^2} = \frac{0.1^2}{0.2^2} = \frac{1}{4}$$

נעביר את היחידות ל- M.K.S. . למשל:

$$P_1 = 16\,\frac{N}{cm^2} = 16\,\frac{N}{10^{-4}\,m^2} = 1.6\cdot 10^5\,\frac{N}{m^2}$$

חוק ברנולי לאחר הורדת הגבהים הזהים וצמצום g:

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} = \frac{v_2^{\,2}\cdot(1-\frac{1}{16})}{2} = \frac{15}{32}\cdot v_2^{\,2}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{32\cdot(P_1 - P_2)}{15\cdot\rho}} = \sqrt{\frac{32\cdot(1.6\cdot 10^5 - 1.2\cdot 10^5)}{15\cdot 10^3}} = 9.24\,\frac{m}{sec}$$

הספיקה היא: $Q = A_2\cdot v_2 = \frac{\pi\cdot 0.1^2}{4}\cdot 9.24 = 0.0725\,\frac{m^3}{sec} = 72.5\,\frac{L}{sec}$

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. על פי חוק הציפה שווה משקל הגוף למשקל הנוזל שנדחה.

$$\rho\cdot S\cdot h = \rho_2\cdot S\cdot\frac{4}{5}\cdot h \quad\Longrightarrow\quad \rho = \frac{4}{5}\cdot\rho_2 = \frac{4}{5}\cdot 0.8 = 0.64\,\frac{gr}{cm^3}$$

ב. לפני הכנסת הגוף הגלילי הלחץ ההידרוסטטי הוא:

$$P_h = P_1 + P_2 = \rho_1\cdot g\cdot h_1 + \rho_2\cdot g\cdot h_2 = g\cdot(\rho_1\cdot h_1 + \rho_2\cdot h_2)$$

$$P_h = 1000\cdot(1.4\cdot 80 + 0.8\cdot 60) = 160{,}000\,\frac{dyne}{cm^2}$$

לחץ האויר החיצוני הוא: $P_0 = 10\,\frac{N}{cm^2} = 1\cdot 10^6\,\frac{dyne}{cm^2}$

המנומטר המודד את הלחץ הכללי מראה:

$$P = P_0 + P_h = 1\cdot 10^6 + 1.6\cdot 10^5 = 1.16\cdot 10^6\,\frac{dyne}{cm^2} = 11.6\,\frac{N}{cm^2}$$

לאחר הכנסת הגוף הגלילי נוסף משקל של:

$$G = \rho\cdot V\cdot g = 0.64\cdot 10^4\cdot 50\cdot 1000 = 3.2\cdot 10^8\ dyne$$

משקל זה מתחלק על פני הנוזל: $P = \frac{G}{S_1} = \frac{3.2\cdot 10^8}{4\cdot 10^4} = 8000\,\frac{dyne}{cm^2}$

המנומטר מראה:

$$P = 1.16\cdot 10^6 \frac{dyne}{cm^2} + 8000 \frac{dyne}{cm^2} = 1.168\cdot 10^6 \frac{dyne}{cm^2} = 11.68 \frac{N}{cm^2}$$

ג. על פי חוק הציפה שווה משקל הגוף הצף למשקל הנוזל שנדחה.
נסמן את צפיפות הגוף ב- ρ_3.

$$\underbrace{\rho_3\cdot V_3}_{\text{משקל הגוף}} = \underbrace{\rho_1\cdot V_1 + \rho_2\cdot V_2}_{\text{משקל הנוזל שנדחה}}$$

מכיוון שהגוף שאת נפחו נסמן ב-V, נמצא מחציתו בנוזל התחתון ומחציתו בנוזל העליון, נקבל: $V_3 = V\ ;\ V_2 = \frac{V}{2}\ ;\ V_1 = \frac{V}{2}$

מכאן: $\rho_3 = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = \frac{1.4 + 0.8}{2} = 1.1 \frac{gr}{cm^3}$

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

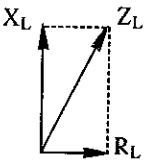
א. ניתן למצוא קודם כל את הזרם במעגל בעזרת הנתונים של הנגד החופשי:

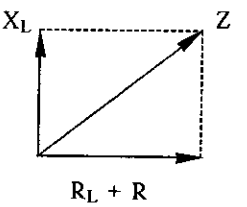
$$I = \frac{V}{R} = \frac{20}{10} = 2\ A$$

נמצא את העכבה של הסליל ואת העכבה השקולה של המעגל:

$$Z_L = \frac{V_L}{I} = \frac{41.2}{2} = 20.6\ \Omega$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{50}{2} = 25\ \Omega$$





הקשר בין העכבות וההיגבים הוא:

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \qquad Z = \sqrt{(R + R_L)^2 + X_L^2}$$

נעלה בריבוע:

$$R_L^2 + X_L^2 = Z_L^2 \qquad (R + R_L)^2 + X_L^2 = Z^2$$

נפתח סוגריים:

$$R^2 + 2\cdot R\cdot R_L + R_L^2 + X_L^2 = Z^2$$

נשתמש בנתון של הסליל:

$$R^2 + 2\cdot R\cdot R_L + Z_L^2 = Z^2$$

$$R_L = \frac{Z^2 - Z_L^2 - R^2}{2\cdot R} = \frac{25^2 - 20.6^2 - 10^2}{2\cdot 10} = 5\ \Omega$$

נמצא את השראות הסליל:

$$X_L = \omega\cdot L = 2\cdot\pi\cdot f\cdot L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2}$$

$$L = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot f}\cdot\sqrt{Z_L^2 - R_L^2} = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot 50}\cdot\sqrt{20.6^2 - 5^2} = 0.0636\ H$$

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. הזרם במעגל בו זורם סליל בלבד הוא: $I = \frac{V}{X_L} = \frac{120}{10} = 12\ A$

עם חיבור נגד הזרם גדל ל: $I' = \frac{5}{3}\cdot I = \frac{5}{3}\cdot 12 = 20\ A$

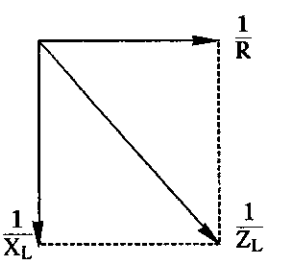
קיים הפרש מופע של $\frac{\pi}{2}$ בין הזרם בנגד והזרם בסליל במעגל מקבילי

ולכן: $I'^2 = I_R^2 + I_L^2 \implies I_R = \sqrt{I'^2 - I_L^2} = \sqrt{20^2 - 12^2} = 16\ A$

העכבה השקולה של הסליל והנגד היא: $Z_L = \frac{V}{I'} = \frac{120}{20} = 6\ \Omega$

הקשר בין ההיגבים הוא: $\frac{1}{Z_L^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_L^2}$

$$R = \left(\sqrt{\frac{1}{Z_L^2} - \frac{1}{X_L^2}}\right)^{-1} = \left(\sqrt{\frac{1}{6^2} - \frac{1}{10^2}}\right)^{-1} = 7.5\ \Omega$$



ב. כאשר יש קבל, הזרם הכללי הוא: $I'' = \frac{1}{2}\cdot I = \frac{1}{2}\cdot 12 = 6\ A$

בין הזרם בסליל והזרם בקבל יש הפרש מופע של π ולכן קיימות שתי אפשרויות:

$$(1)\quad I'' = I_L - I_C \implies I_C = I_L - I'' = 12 - 6 = 6\ A$$
$$(2)\quad I'' = I_C - I_L \implies I_C = I_L + I'' = 12 + 6 = 18\ A$$

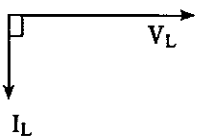
הקשר בין קיבול הקבל והזרם העובר דרכו הוא:

$$X_C = \frac{V}{I_C} \implies \frac{1}{\omega\cdot C} = \frac{V}{I_C} \implies C = \frac{I_C}{\omega\cdot V}$$

$$C_1 = \frac{6}{2\cdot\pi\cdot 50\cdot 120} = 1.59\cdot 10^{-4} C$$

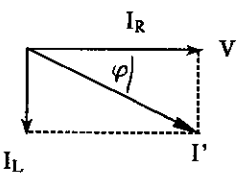
$$C_1 = \frac{18}{2\cdot\pi\cdot 50\cdot 120} = 4.77\cdot 10^{-4} C$$

כאשר יש סליל טהור יש הפרש של $\frac{\pi}{2}$ בין המתח והזרם ולכן גורם ההספק הוא אפס.



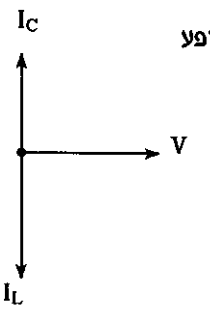
$$\cos(\varphi) = \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0$$

כאשר יש סליל ונגד במקביל:



$$\cos(\varphi) = \frac{I_R}{I'} = \frac{16}{20} = 0.8$$

כאשר יש סליל וקבל במקביל: הפרש המופע הוא $\frac{\pi}{2}$ ולכן גורם ההספק הוא אפס.



פיתרון מספר 21 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. נקרא למרחק בין הענן והמגדל X . זהו מרחק שלא ישנה בחישוב ויצטמצם בהמשך. אם גובה הענן הוא H הרי שדמותו נמצאת בעומק של H מתחת פני המים.

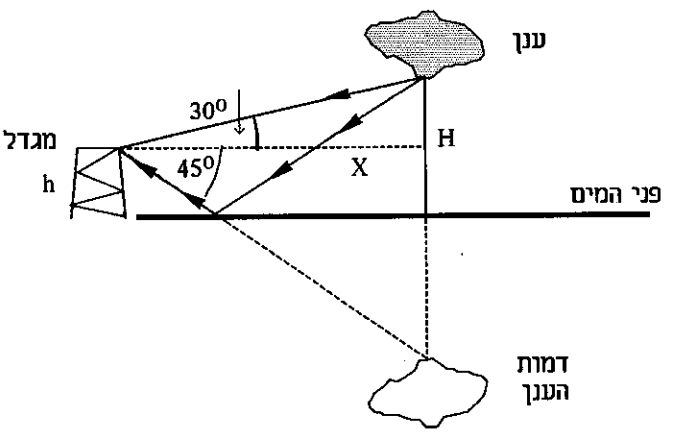
מכך שזווית הגובה 30^0 נקבל: $\frac{(H-h)}{X} = tg(30^0)$

מכך שזווית העומק 45^0 נקבל: $\frac{(H+h)}{X} = tg(45^0)$

מחלוקת משוואה במשוואה נקבל:

$$\frac{H-h}{H+h} = \frac{tg(30^0)}{tg(45^0)} \Longrightarrow \frac{200-h}{200+h} = 0.577 \Longrightarrow h = 53.64\ m$$

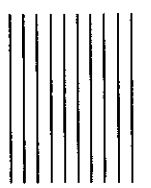
ב.



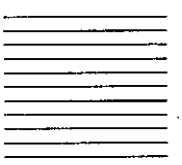
פיתרון מספר 22 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. תמונת ההתאבכות של סריג עקיפה היא סדרת קווים בהם יש התאבכות בונה ולכן יש בהם אור. הצורה נובעת מהעובדה שהסריג עצמו הוא קווי.

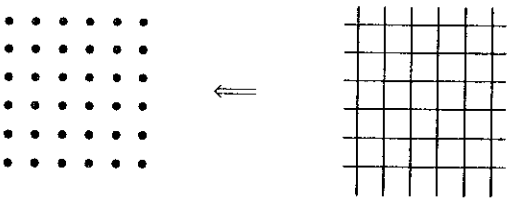
סריג אנכי:



סריג אופקי:



כאשר שמים שני סריגים מאונכים זה לזה, יש חפיפה בין שתי תמונות ההתאבכות, ונוצרת התאבכות הורסת גם בנקודות שהיתה התאבכות בונה של אחד הסריגים. התאבכות בונה תיווצר עכשיו רק בנקודות משותפות של התאבכות בונה.

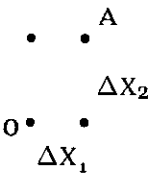


ב. ככל שקבוע הסריג N^* גדול יותר, כך המרחק בין פסי האור ΔX גדול יותר, וזאת לפי הנוסחה:

$$\Delta X = \lambda \cdot L \cdot N^*$$

לכן, N_2^* שהוא בעל קבוע הסריג הגדול יותר, יצור את הקווים האופקיים שהמרחק ביניהם גדול יותר.

ג.



$$\overline{OA} = \sqrt{\Delta X_1^2 + \Delta X_2^2}$$

$$\overline{OA} = \sqrt{(\lambda \cdot L \cdot N_1^*)^2 + (\lambda \cdot L \cdot N_2^*)^2}$$

$$\overline{OA} = \lambda \cdot L \cdot \sqrt{(N_1^*)^2 + (N_2^*)^2}$$

נעביר את היחידות של קבוע הסריג ל- $\frac{1}{m}$:

$$N_1 = 1000\,\frac{1}{cm} = 1000\,\frac{1}{10^{-2}\,m} = 10^5\,\frac{1}{m}\,;$$

$$N_2 = 1500\,\frac{1}{cm} = 1.5 \cdot 10^5\,\frac{1}{m}$$

$$\overline{OA} = 6300 \cdot 10^{-10} \cdot 1 \cdot \sqrt{(10^5)^2 + (1.5 \cdot 10^5)^2} = 0.1136\ cm$$

פיתרון מספר 23 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

תחום האנרגיה של האור הנראה הוא:

$$E_{(7000)} = h\cdot\nu = \frac{h\cdot c}{\lambda} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{7000\cdot 10^{-10}} = 2.84\cdot 10^{-19}\ J = 1.77\ eV$$

$$E_{(4000)} = h\cdot\nu = \frac{h\cdot c}{\lambda} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{4000\cdot 10^{-10}} = 4.97\cdot 10^{-19}\ J = 3.1\ eV$$

כל פוטון של אור נראה הוא בתחום של $1.77\ eV < E < 3.1\ eV$

א. שפופרת A היא בעלת אנרגית קשר של 3.1 eV , זאת אומרת שרק הפוטון עם האנרגיה המכסימלית בתחום האור הנראה יכול לשחרר ממנה אלקטרונים. שאר הפוטונים הם עם אנרגיה קטנה מדי.

שפופרת B היא בעלת אנרגית קשר של 1.77 eV, כך שכל פוטון של אור נראה יכול לשחרר ממנה אלקטרונים.
המסקנה היא שצריך להשתמש בשפופרת B.

ב. אם בחרנו בשפופרת B בעלת אנרגית קשר של 1.77 eV, הפוטון עם האנרגיה הגבוהה ביותר בתחום האור הנראה שיכול לפגוע בה הוא פוטון עם אנרגיה של 3.1 eV. פוטון זה ישחרר אלקטרונים עם אנרגיה קינטית של:

$$E_K = h\cdot\nu - B = 3.1 - 1.77 = 1.33\ eV$$

כך שהמתח הדרוש הוא מתח של 1.33 V.

ג. באור השמש יש אורכי גל קצרים מן האור הנראה (בעיקר קרינה אולטרה סגולה שבגללה אנחנו משתזפים או מקבלים סרטן בעור), כך שלמרות המתח העוצר שחישבנו יפגעו בשפופרת פוטונים עם אנרגיה גדולה יותר ויהיה זרם במעגל.

פיתרון מספר 24 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

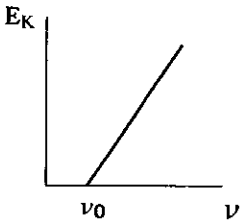
א. $$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}}{0.4\cdot 5} = 3.315\cdot 10^{-34}\ m = 3.315\cdot 10^{-24}\ \text{Å}$$

ב. נשתמש בחוק שימור האנרגיה. האנרגיה של האלקטרון שווה להפרש האנרגיה של הפוטונים:

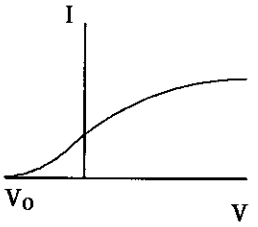
$$E_K = \frac{h\cdot c}{\lambda_2} - \frac{h\cdot c}{\lambda_1} = h\cdot c\cdot\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right)$$

$$E_K = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{10^{-10}}\cdot\left(\frac{1}{0.06} - \frac{1}{0.05}\right) = 6.63\cdot 10^{-15}\ J$$

פיתרון מספר 27 - שאלון השלמה

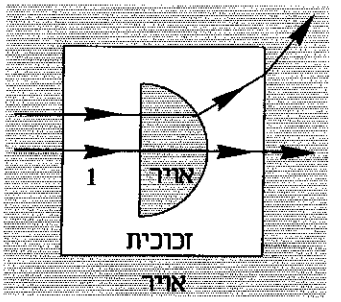


בגרף א' מתואר הקשר בין תדירות האור הפוגע (ν) והאנרגיה הקינטית (E_K) של האלקטרון המשתחרר.
על פי הנוסחה: $E_K = h \cdot v - B$
נקודת החיתוך עם ציר ה- X היא ν_0.
השיפוע הוא h.



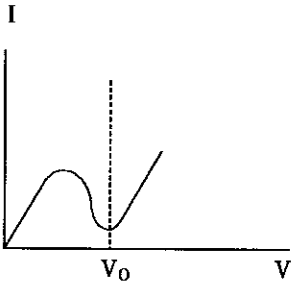
בגרף ב' מתואר הקשר בין מתח העצירה (V) והזרם הנמדד במעגל (I).
במתח חיובי, מתח האצה, מגיעים למצב רוויה בו הגדלת המתח לא מגדילה את הזרם כי כל האלקטרונים המשתחררים מגיעים לצד השני.
במתח שלילי קיים מתח הנקרא מתח עצירה (V_0) הגורם לזרם אפס במעגל.

פיתרון מספר 28 - שאלון השלמה



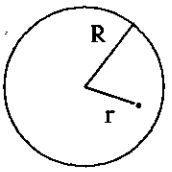
עד הגיען למשטח העגול של בועת האויר הקרניים ממשיכות ישר כי זווית הפגיעה שלהן היא אפס. במעבר מהאויר אל הזכוכית נשבר האור כך שהזווית באויר גדולה מהזווית בזכוכית.

פיתרון מספר 29 - שאלון השלמה



בניסוי פרנק-הרץ מעבירים אלומת אלקטרונים דרך גז הנמצא ברמת היסוד. כל זמן שהאנרגיה של האלקטרונים לא מספיקה לעירור אטומי הגז הזרם עולה. במתח מסוים (V_0) הגורם לאנרגיה המתאימה לרמת האנרגיה של אטומי הגז חל עירור והאלקטרון החופשי מוסר את האנרגיה שלו ונעצר. אלקטרון זה לא מגיע לאנודה ולכן הזרם קטן.

פיתרון מספר 30 - שאלון השלמה



נסתכל על נקודה הנמצאת במרחק r ממרכז כדור הארץ שרדיוסו R.
המסה של כדור הארץ (M') המשפיעה על המסה m היא המסה הנמצאת קרוב יותר למרכז כדור הארץ והיא:

$$M' = \rho \cdot V' = \rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

צפיפות כדור הארץ היא:

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3}$$

לכן המסה M' במונחים של M היא:

$$M' = \frac{M}{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = M \cdot \frac{r^3}{R^3}$$

משקלו של גוף mg תלוי במסת כדור הארץ בביטוי של כח הכבידה:

$$mg = \frac{G \cdot M \cdot m}{R^2}$$

בתוך כדור הארץ המסה M הופכת ל- M' והרדיוס R הופך ל- r:

$$mg' = \frac{G \cdot M' \cdot m}{r^2} = \frac{G \cdot M \cdot \frac{r^3}{R^3} \cdot m}{r^2} = \frac{G \cdot M}{R^2} \cdot m \cdot \frac{r}{R} = mg \cdot \frac{r}{R}$$

$$mg' = mg \cdot \frac{6400 - 500}{6400} = 0.922 \cdot mg$$

הגוף ישקול 92.2% ממשקלו על פני כדור הארץ.

פיתרון מספר 31 - שאלון השלמה

תופעות המעידות על אופיו הגלי של האור הן:
1. תופעת ההתאבכות בסריג או בשני סדקים שבה נוצרת על מסך תבנית התאבכות של כתמי חושך וביניהם פסי אור צרים.

2. תופעת העקיפה בסדק שבה נוצרת תבנית עקיפה של פסי אור וביניהם פסי חושך צרים.

תופעות המעידות על אופיו החלקיקי של האור הן:
1. אפקט קומפטון שבו מתנגש פוטון התנגשות אלסטית עם אלקטרון.
2. האפקט הפוטואלקטרי בו משתחרר אלקטרון ממתכת על ידי פגיעת פוטון בודד.

פיתרון מספר 32 - שאלון השלמה

כדי להגיע לשמינית מן הפעילות צריכים לעבור 3 זמני מחצית חיים כי:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$$

לכן הזמן הוא: $t = 3 \cdot 24 = 72\ day$

פיתרון מספר 33 - שאלון השלמה

ההתנגדות השקולה במעגל לפני שריפת הנורה היא: $R_T = R + \frac{R}{2} = \frac{3R}{2}$

הזרם בנורה A שהוא הזרם הכללי במעגל הוא: $I_A = \frac{V}{R_T} = \frac{2V}{3R}$

הזרם בנורה B שהוא מחצית מהזרם ב- A הוא: $I_B = \frac{I_A}{2} = \frac{V}{3R}$

לאחר שריפת הנורה C (היא הופכת לנתק) תהיה ההתנגדות השקולה במעגל: $R_T = R + R = 2R$

המעגל הוא טורי והזרם בשתי הנורות זהה: $I_A = I_B = \frac{V}{2R}$

המסקנה היא: בנורה A הזרם קטן מ- $\left(\frac{2}{3}\cdot\frac{V}{R}\right)$ ל- $\left(\frac{1}{2}\cdot\frac{V}{R}\right)$

בנורה B הזרם גדל מ- $\left(\frac{1}{3}\cdot\frac{V}{R}\right)$ ל- $\left(\frac{1}{2}\cdot\frac{V}{R}\right)$

פיתרון מספר 34 - שאלון השלמה

הנקודות שהיו נקודות צומת הן נקודות שבהן שני המקורות ביטלו זה את זה, כך שכל מה שיהיה בנקודות האלה הם הגלים מן המקור השלישי.

בחינת בגרות ל-14- 5 יחידות 1987

חלק א' – מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 5 – 1.

.1

כדור, שמסתו 400 gr והמונח בגובה 7.2 m מעל לקרקע, נדחף על-ידי כוח אופקי בן 1000N, הפועל עליו במשך 0.01 s.

במרחק אופקי של 30.5 m מנקודת הזריקה, עומד על הקרקע אדם, אשר מתחיל לרוץ לקראת הכדור, ברגע שבו הכוח הפסיק לפעול.

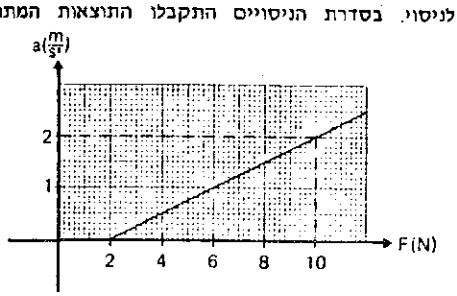
א. מהי מהירות היציאה של הכדור? (5 נקודות)

ב. איזו תאוצה קבועה צריך לפתח הרץ, כדי שיספיק לתפוס את הכדור בגובה 1.2 m מעל לקרקע? (4 נקודות)

ג. באיזה מרחק אופקי מנקודת הזריקה היה הכדור פוגע בקרקע אילו לא היה הרץ מספיק זריז, על מנת לתפוס אותו? (3 נקודות)

.2

בסדרת ניסויים נגרר גוף בעל מסה m, על פני משטח אופקי על ידי כוח אופקי F המשתנה מניסוי לניסוי. בסדרת הניסויים התקבלו התוצאות המתוארות בגרף.



א. מהי מסת הגוף? (4 נקודות)

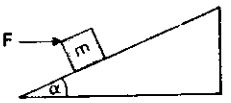
ב. מהו מקדם החיכוך בינו לבין המשטח? (3 נקודות)

ג. על גבי הגוף הקודם מדביקים גוף נוסף שמסתו אף היא m.

חוזרים ועורכים את ניסויי הגרירה על פני המשטח הנ"ל.

העתק למחברתך את הגרף שבתרשים והוסף בו גרף, המתאר את תלות התאוצה a, של הגוף החדש, בכוח האופקי F, המופעל עליו. הסבר תשובתך. (5 נקודות)

.3 גוף שמסתו m מונח על מדרון שזוית שיפועו α.



מקדם החיכוך בינו ובין המדרון הוא μ.

מפעילים כוח אופקי קבוע F על הגוף (ראה תרשים).

א. מהו גודל הכוח המינימלי, Fmin, הדרוש כדי לדחוף את הגוף במעלה המדרון?

האם תמיד קיים כוח F כזה? נמק (7 נקודות)

ב. כאשר מתקיים $F = 3\,F_{min}$, מהו גודל התאוצה שבה נע הגוף במעלה המדרון? (3 נקודות)

ג. בתנאי סעיף ב', הגוף עובר בזמן מסוים מרחק ℓ מטרים לאורך המדרון. איזו עבודה עבד הכוח F לאורך דרך זו? (2 נקודות)

.4 גוף שמסתו 0.8 Kg המחובר לקפיץ נע בתנועה הרמונית פשוטה על פני משטח אופקי חלק. זמן המחזור של התנועה הוא שנייה אחת.

האנרגיה הכוללת של המערכת היא 1 J.

חשב:

א. את מהירותו המקסימלית של הגוף. (3 נקודות)

ב. את קבוע הקפיץ בתנועה ההרמונית. (3 נקודות)

ג. את משרעת התנודה. (3 נקודות)

ד. באיזה מרחק מנקודת שיווי-המשקל שווה האנרגיה הקינטית של הגוף לאנרגיה הפוטנציאלית האגורה במערכת? (3 נקודות)

.5 משלחים טיל במהירות התחלתית v_0 מפניו של כוכב-לכת דמיוני, שרדיוסו R ומסתו M (לכוכב-הלכת הדמיוני אין אטמוספירה).

כשהטיל מגיע למרחק 3R מפניו של כוכב-הלכת מהירותו $0.25\,v_0$.

א. מהי מהירות השילוח v_0 של הטיל?

(בטא את v_0 בעזרת קבוע הגרוויטציה G והנתונים R ו- M). (4 נקודות)

ב. מה צריך להיות כיוון השילוח של הטיל, כדי שיגיע לגובה מרבי? נמק.

מהו גובה זה מעל פני הכוכב? (בטא תשובתך באמצעות R). (5 נקודות)

ג. מהי המהירות המינימלית, v_{min}, הדרושה לשיגור הטיל כדי לשחררו לחלוטין מכוכב-הלכת הדמיוני? (3 נקודות)

חלק ב' - שאלון השלמה

עליך לענות על חמש משמונה השאלות 13 - 6.

6. תאר ניסוי למדידת מסה במעבדת חלל, הסובבת את כדור-הארץ.

7. עדשת זכוכית (n = 1.5), שהחתך שלה מתואר בתרשים, מצויה בנוזל, שמקדם השבירה שלו הוא n' = 2.0. האם עדשה זו תרכז או תפזר אלומת אור מקבילה הפוגעת בה? נמק את תשובתך.

8. שני כדורים רועדים יוצרים גלים מעגליים באמבט גלים. הכדורים מהווים מקורות שווי-מופע ושווי-תדירות. תאר את התבנית הנוצרת באמבט והסבר בעזרתה כיצד ניתן לחשב את אורך הגל של הגלים.

9. תאר ניסוי, המוכיח כי בנפיצת אור קיימת קרינה באורכי גל קצרים וארוכים מאלו של הספקטרום הנראה.

10.
א. מהי מהירותם של אלקטרונים, שהואצו ממצב מנוחה על-ידי מתח של 100V?
ב. האם בעזרת אלקטרונים אלה ניתן ליצור קרני x?
אם כן, הסבר כיצד.
אם לא, הסבר מדוע.

11. אנרגיית הקשר של האלקטרונים במתכת חצזיום היא 1.9 eV.
חשב את אורך הגל המרבי של פוטונים המסוגלים לשחרר אלקטרונים ממתכת הצזיום.

12.
א. הגדר את המונח: "זמן מחצית החיים של חומר רדיואקטיבי".
ב. גרעין אטום רדיואקטיבי בעל מבנה $^{b}_{a}x$ (a - מספר אטומי, b - מסה אטומית) פולט במהלך התפרקותו שני חלקיקי α, חלקיק β^- ושלושה חלקיקי γ.
רשום את המבנה החדש של הגרעין הנ"ל בתום ההתפרקות.

13. הסבר מדוע לא ניתן להיעזר בשנאי כדי לשנות את המתח במעגל, שבו זורם זרם ישר.

חלק ג' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 18 - 14.

14. קבל לוחות יכול להימצא בשני מצבים, שתוניהם מתוארים בטבלה:

	מצב 1	מצב 2
שטח הלוחות	S	S
המרחק בין הלוחות	d	2d
החומר בין הלוחות	אויר	מבודד בעל קבוע דיאלקטרי יחסי ε_r

מעבירים את הקבל ממצב 1 למצב 2, בשני אופנים, כמפורט להלן.

פי כמה ישתנה כל אחד מהגדלים הבאים:

I. המטען על הקבל II. קיבולו III. המתח בין לוחותיו

IV. האנרגיה האצורה בו

אם המעבר ממצב 1 למצב 2 נעשה כאשר:

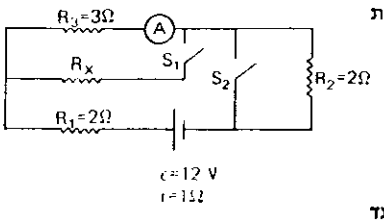
א. לוחות הקבל מחוברים למקור מתח קבוע, V. (6 נקודות)

ב. לוחות הקבל מנותקים ממקור המתח (לאחר שהיו מחוברים אליו). (6 נקודות)

15. במעגל המתואר בתרשים מורה האמפרמטר על אותה עוצמת זרם כאשר המפסקים S_1 ו- S_2 פתוחים וכאשר הם סגורים.

כא"מ המקור הוא 12V, והתנגדותו הפנימית היא $1\ \Omega$.

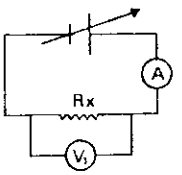
חשב את התנגדות הנגד R_x.



16. א. בניסוי לקביעת ההתנגדות R_x של נגד השתמשו במעגל המתואר בתרשים 1.

כאשר השתמשו בוולטמטר V_1 התקבל גרף א'.

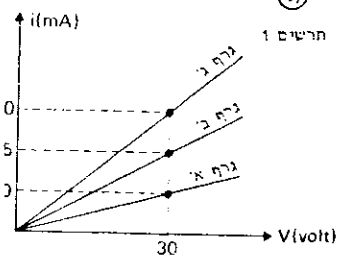
כאשר השתמשו בוולטמטר V_2 התקבל גרף ב' (ראה תרשים 2).



תרשים 1

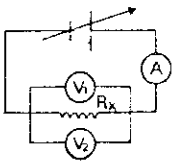
1) כיצד ניתן להסביר את ההבדל בין שני הגרפים א' ו-ב'? (בהנחה שכל המכשירים תקינים). (4 נקודות)

2) מה מייצג השיפוע של כל אחד מהגרפים א' ו-ב'? (3 נקודות)



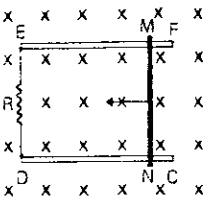
תרשים 2

ב. בניסוי נוסף, לקביעת ההתנגדות R_x של הנגד, חוברו הוולטמטרים V_1 ו- V_2 במקביל (ראה תרשים 3).
במקרה זה התקבל גרף ג' (בתרשים 2).
מהי ההתנגדות R_x של הנגד? (5 נקודות)



תרשים 3

17. לאורכן של המסילות המתכתיות FE ו- CD המחוברות ביניהן בקצה באמצעות הנגד R שהתנגדותו $2\,\Omega$, נע ללא חיכוך מוט מתכתי MN שאורכו 10 cm והתנגדותו $0.5\,\Omega$.
המערכת הנ"ל נתונה בתוך שדה מגנטי אחיד שעוצמתו $0.4T$ ($\frac{Wb}{m^2}$), וכיוונו מאונך למישור הדף (ראה תרשים).



התנגדותן של המסילות FE ו- CD זניחה.

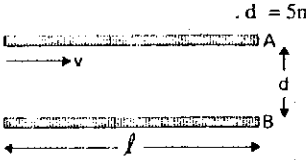
א. חשב את עוצמת הזרם בנגד R. (3 נקודות)

ב. קבע את כיוון הזרם במוט MN. (3 נקודות)

ג. חשב את הכוח (גודל וכיוון) המופעל על המוט MN (ע"י השדה המגנטי). (3 נקודות)

ד. כיצד היו משתנות התוצאות בסעיפים א, ב, ו- ג אילו כיוון השדה המגנטי היה מימין לשמאל במישור הדף? נמק. (3 נקודות)

18. אלקטרון שמהירותו $v = 6 \times 10^5 \frac{m}{s}$ נכנס למרחב שבין שני לוחות מתכת מקבילים.
אורך הלוחות $\ell = 15\,mm$ והמרחק ביניהם $d = 5mm$.
הלוחות מחוברים אל מקור מתח ישר.
ברגע הכניסה חולף האלקטרון סמוך לקצהו של אחד הלוחות (לוח A בתרשים).



א. מה צריך להיות כיוונו של השדה החשמלי בין הלוחות, על מנת שהאלקטרון יסטה ממסלולו לכיוון הלוח B? נמק. (1 נקודה)

ב. בין הלוחות שורר שדה חשמלי אחיד.
מהי צורת מסלול האלקטרון בשדה? נמק. (2 נקודות)

ג. מהו המתח המרבי בין הלוחות, שבו יצא האלקטרון מתוך השדה מבלי לפגוע בלוח B? (5 נקודות)

ד. האם תשובתך לסעיפים הקודמים היתה משתנה, אילו דובר בשאלה על פרוטון הנע באותה מהירות? נמק את תשובתך מבלי לחשב מחדש את המתח (4 נקודות)

חלק ד' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - מכניקה של גוף קשיח

.19 אדם שמסתו $m = 80\ Kg$ עומד בקצה דיסקה אופקית עגולה ואחידה, שרדיוסה $r = 2.5\ m$ ומסתה $M = 160\ Kg$. הדיסקה יכולה להסתובב ללא חיכוך סביב ציר אנכי העובר דרך מרכזה.

האדם מתחיל להקיף את הדיסקה לאורך היקפה במהירות קבועה של $2\frac{m}{s}$ ביחס לכדור הארץ. (הזנח את הזמן הקצר שבו הגיע למהירות זו).

א. כעבור כמה זמן יגיע האדם לנקודה, על פני הדיסקה, שבה התחיל את תנועתו? (6 נקודות)

ב. ברגע מסוים (תוך זמן קצר) מפסיק האדם את תנועתו על פני הדיסקה. מה יקרה לדיסקה ברגע זה? נמק. (4 נקודות)

ג. חשב את כמות החום המשתחררת במערכת כתוצאה מכך. (4 נקודות)

.20 גליל הומוגני מלא, שמסתו m ורדיוסו r, מתגלגל ללא החלקה מראשו של מדרון, שזווית שיפועו θ ואורכו ℓ.

א. חשב את מהירותו בהגיעו לתחתית המדרון. (8 נקודות)

ב. מהו כוח החיכוך בין הגליל לבין המדרון, שיבטיח גלגול ללא החלקה? (6 נקודות)

פרק שני - אנרגית החום (תרמודינמיקה)

.21 א. מהי המהירות הממוצעת ($\sqrt{\bar{v}^2}$) של אטומי גז הליום בטמפרטורה של 27^oC ובלחץ נורמלי? (7 נקודות)

ב. בתוך מיכל סגור מצויה תערובת, המורכבת ממספר שווה של אטומי הליום ואטומי ארגון ($M = 40$). ברגע מסוים נפתח פתח קטן בדופן המיכל, והגזים דולפים באיטיות.

האם כתוצאה מהדליפה ישתנה היחס בין מספרי האטומים של שני הגזים במיכל? נמק. (7 נקודות)

.22 א. הגדר קיבול חום סגולי בלחץ קבוע (C_P) וקיבול חום סגולי בנפח קבוע (C_V) של גז אידיאלי.

מהו הקשר בין גדלים אלה? הסבר! (3 נקודות)

ב. גז אידיאלי, שנפחו $400\ cm^3$ בטמפרטורה 15^0C , מתפשט התפשטות אדיאבטית. כתוצאה מכך יורדת הטמפרטורה שלו ל 0^0C .

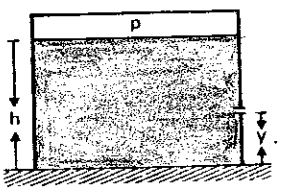
מה יהיה נפחו החדש של הגז, אם היחס בין קיבולי החום הסגוליים שלו הוא

$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1.4$? (6 נקודות)

ג. לאחר ההתפשטות הנ"ל של הגז, מכווצים אותו בתהליך איזותרמי עד שלחצו חוזר להיות לחצו ההתחלתי. מהו נפחו של הגז לאחר תהליך זה? (5 נקודות)

פרק שלישי - תורת הנוזלים והגזים

.23



מיכל גדול, הסגור מכל צדדיו, מכיל מים ($\rho = 1\ \frac{gr}{cm^3}$).

גובה המים במיכל הוא $h = 2.5\ m$.

במרחב שמעל למים מצוי אויר בלחץ של $P = 1.34\ At$.

בגובה $y = 1\ m$ מתחתית המיכל פותחים בדופנו נקב קטן.

א באיזו מהירות v_0 פורץ זרם המים מן הנקב? (30 נקודות)

ב. לאחר זמן-מה ייחלש זרם המים היוצא מן הנקב. מה הם הגורמים להיחלשות זו? (10 נקודות)

ג. כיצד יושפע זרם המים היוצא מהנקב, אם ננקב תיר גם בתקרת המיכל? נמק! (10 נקודות)

.24

א. מהו מקורו של כוח העילוי ה"שורר" בתוך נוזל?

האם יפעל כוח זה גם במקום שבו אין כוחות גרוויטציה? הסבר! (10 נקודות)

ב. נסח במלים את חוק ארכימדס, ונפנח את הנוסחה המתאימה לגבי קוביה. (10 נקודות)

ג. קוביה, שאורך צלעה $a = 5\ cm$, עשויה מחומר פלסטי ($\rho' = 0.8\ \frac{gr}{cm^3}$).

הקוביה מושמת במיכל, ששטח בסיסו $S = 100\ cm^2$ ובו מים ($\rho = 1\ \frac{gr}{cm^3}$).

וצפה בו.

איזה שינוי יחול בגובה פני המים כתוצאה מהכנסת הקוביה? (15 נקודות)

ד. על הקוביה מניחים משקולת. מה צריכה להיות מסתה המינימלית של המשקולת, כדי שהקוביה תטבול במלוא נפחה במים? (15 נקודות)

פרק רביעי - תורת היחסות הפרטית

.25 שני חלקיקים זהים, שמסת המנוחה של כל אחד מהם היא m_0, נעים זה לקראת זה במהירויות שוות $v = 0.7\,c$.

כתוצאה מן ההתנגשות נוצר חלקיק יחיד.

א. מהי מסת המנוחה M_0 של החלקיק שנוצר? (30 נקודות)

ב. כיצד תסביר את ההבדל שבין M_0 לבין המסה הכוללת $2m_0$ של שני החלקיקים שיצרו אותו? (20 נקודות)

.26 פוטון בעל אנרגיה של 4MeV חולף ליד גרעין זהב והופך לזוג אלקטרון-פוזיטרון, הנעים בכיוונים מנוגדים.

הנח כי האלקטרון והפוזיטרון מקבלים כמויות שוות של אנרגיה, והזנח את כמות האנרגיה הנמסרת לגרעין הזהב.

א. מהי המסה של כל חלקיק? (15 נקודות)

ב. מהי מהירותו של כל חלקיק? (15 נקודות)

ג. מהי מהירות הפוזיטרון ביחס לצופה הנע עם האלקטרון? (15 נקודות)

ד. מהו תפקידו של גרעין הזהב המופיע בשאלה? (5 נקודות)

פרק חמישי - זרם חילופין

.27 למדידה תעשייתית של עכבות משתמשים בשיטה המתוארת בתרשים, שבו:

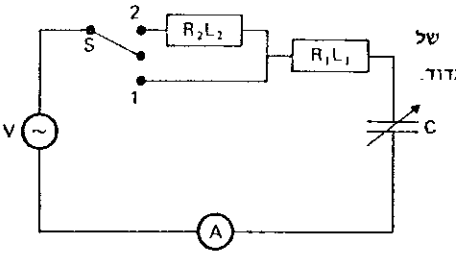
R_1L_1 - ההתנגדות וההשראות הידועים של סליל קבוע.

R_2L_2 - ההתנגדות וההשראות של הסליל שברצוננו למדוד.

C - קבל משתנה.

V - מקור מתח חילופין.

A - אמפרמטר AC.



כאשר מעבירים את המפסק S למצב 1 ומביאים את הקבל C עד לערך של 25μF, מקבלים תהודה. אם חוזרים על ויסות הקיבול C עד לערך של 20μF, אבל כאשר המפסק במצב 2, מקבלים שוב תהודה. ידוע כי $L_1 = 2H$.

א. הסבר מהו מצב של תהודה וכיצד יודעים שהמעגל הגיע אליו. (20 נקודות)

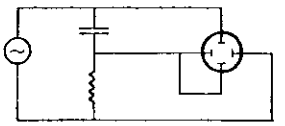
ב. חשב את ערך ההשראות L_2 . (30 נקודות)

.28 מחברים נגד של 2000Ω וקבל של $1\mu F$ בטור עם מקור מתח חילופין, שמתחו 24V ותדירותו 50 Hz .

א. מהו הספק החום המתפתח במעגל? (20 נקודות)

ב. מה יראה וולטמטר AC המחובר במקביל לנגד?
מה יראה וולטמטר AC המחובר במקביל לקבל? (20 נקודות)

ג. מחברים את לוחות x של אוסצילוסקופ לנגד
ואת לוחות y של האוסצילוסקופ לקבל
(ראה תרשים).
איזו צורה גיאומטרית תתקבל על מסך
האוסצילוסקופ? נמק את תשובתך.
(10 נקודות)



פרק שישי - תורת האור והגלים

.29 מלטש עדשות הכין שתי עדשות דקות. לשם כך השתמש בחומר שקוף בעל $n = \frac{5}{3}$.

העדשה הראשונה הוכנה כך ששני משטחיה הם כדוריים בעלי רדיוס עקמומיות שווה, R_1.

דמותו הישרה של עצם, הנמצא במרחק 25 cm מן העדשה, נוצרת במרחק 1.5 m ממנה.

העדשה השנייה הוכנה כך שאחד ממשטחיה מישורי והשני כדורי בעל רדיוס עקמומיות R_2.

דמותו של עצם הנמצא במרחק רב מן העדשה השנייה, נוצרת במרחק של 1.5 m ממנה ובאותו הצד של העצם.

א. חשב את R_1 ואת R_2 וקבע לגבי כל עדשה האם היא מרכזת או מפזרת.
(15 נקודות)

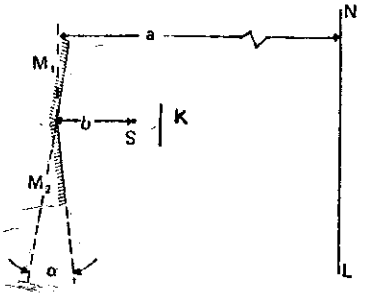
ב. שרטט את מהלך הקרניים ליצירת הדמות בעדשה הראשונה. (15 נקודות)

ג. מהי ההגדלה בעדשה הראשונה? (5 נקודות).

ד. מהו מרחק המוקד f של צירוף שתי העדשות, כאשר הן צמודות? (5 נקודות)

ה. לאיזה ליקוי ראייה ניתן להתאים כל אחת משתי העדשות? (10 נקודות)

.30 אור ממקור מונוכרומטי נקודתי S מוחזר משתי מראות מישוריות M_1 ו M_2 הנטויות זו לזו בזוית קטנה α ($\sin\alpha \cong tg\alpha \cong \alpha$).
המקור נמצא במרחק b ממקום מפגש המראות.
במרחק גדול a מן המראות ($a>>b$) מתקבלת תבנית התאבכות על מסך L.N.
מחסום K מונע מן האור להגיע ישירות אל המסך (ראה תרשים).



א. הסבר כיצד נוצרת תבנית התאבכות ממקור האור היחיד (העתק את התרשים למחברתך וציין בו את ה"מקורות" הגורמים להיווצרות תבנית ההתאבכות). (10 נקודות)

ב. הוכח כי רוחב פסי האור המתקבלים על המרקע הוא בקירוב:

$$\Delta x \cong \frac{\lambda a}{2b\alpha}$$

כאשר λ אורך הגל של האור הנפלט מ S. (30 נקודות)

ג. האם ניתן היה לקבל תבנית דומה, לו השתמשנו, במקום במקור בודד ובשתי מראות, בשני מקורות אור נפרדים? הסבר! (10 נקודות)

פרק שביעי - פיסיקה מודרנית

.31 א. כיצד קובעים גיל ארכיאולוגי בעזרת פחמן רדיואקטיבי $^{14}_{6}C$?
(זמן מחצית החיים של $^{14}_{6}C$ הוא 5730 שנה). (4 נקודות)

ב. מדוע דיוק השיטה לקביעת גיל בעזרת $^{14}_{6}C$ נמוך יותר ככל שגיל הממצאים עולה? (4 נקודות)

ג. בבדיקות שנעשו בשרידי שלד קדום נמצא שהיחס בין מספר אטומי ה- $^{14}_{6}C$ לבין מספר אטומי ה- $^{12}_{6}C$ קטן פי 4 מזה הקיים באטמוספירה.
מהו גילו של השלד? (6 נקודות)

32. האנרגיה המינימלית הדרושה ליינון אטום מימן היא 13.6 eV .

א. מהו אורך הגל המקסימלי של קרינה אלקטרו-מגנטית, היכולה ליינן אטום מימן (הנמצא במצב חיסוד)? (7 נקודות)

ב. מה עשוי לקרות אם באטומי מימן יפגעו גלים אלקטרו-מגנטיים בעלי אורך גל:

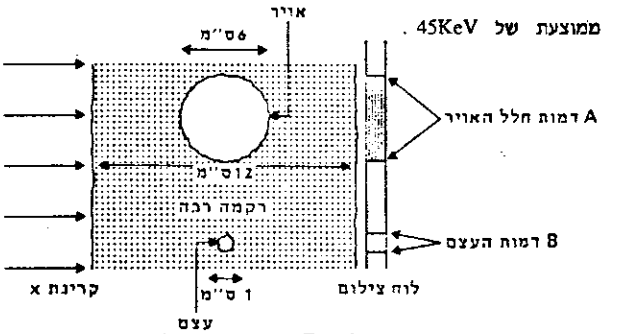
1. קצר מאורך הגל שחישבת בסעיף א'?
2. ארוך מאורך הגל שחישבת בסעיף א'?

(7 נקודות)

פרק שמיני - פיסיקה בשרות האיבחון הרפואי

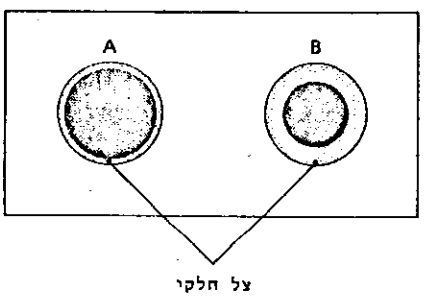
33. א. האם קיים קשר בין איכות המידע שניתן לקבל באמצעות צילום רנטגן לבין ערכו של המתח הגבוה המשמש להפעלת שפופרת הרנטגן? נמק. (4 נקודות)

ב. בתרשים שלפניך מתואר סכמטית אזור המצולם באמצעות קרינת x באנרגיה ממוצעת של 45KeV .



באיזה מבין שני האזורים A ו B ניגודיות התצלום גבוהה יותר (בערכה המוחלט)? (6 נקודות)

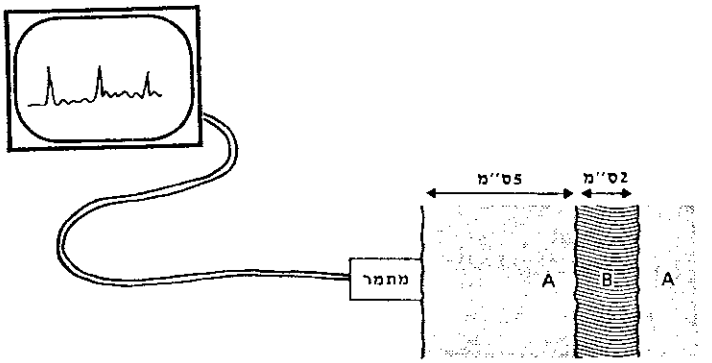
ג. בתרשים שלפניך מתואר תצלום רנטגן של שני עצמים <u>בדוריים</u>.



התוכל לקבוע את גודלם היחסי האמיתי של העצמים מתוך תצלום זה? נמק (ללא חישוב). (4 נקודות)

.34

התווך המתואר בתרשים נבדק בסריקה חד-מימדית בשיטת ההד באמצעות גלים על-קוליים (לתווך שודר גל שעוצמתו I_0 ותדירותו 1MHz).



התכונות האקוסטיות של החומרים (ל 1MHz).

החומר	עכבה אופיינית ($\frac{\text{ק"ג}}{\text{מ}^2\ \text{שנ'}} \times 10^6$)	מקדם הנחתה ($\frac{1}{\text{ס"מ}}$)	מהירות הקול ($\frac{\text{מ'}}{\text{שנ'}}$)
A	1.5	0.1	1500
B	5	0.2	1000

א. הסבר את השיקולים המנחים את בחירת התדירות האופטימלית שתשמש להדמיה בשיטת ההד באמצעות גלים על-קוליים. (3 נקודות)

ב. חשב את הזמנים שחלפו משידור האות ועד לקליטת כל הד. (4 נקודות)

ג. חשב את עוצמות ההדים שנקלטו על-ידי המתמר (כפונקציה של I_0). (3 נקודות)

ד. שרטט, במערכת צירים מתאימה, את תמונת ההד שהתקבלה מתווך זה. (4 נקודות)

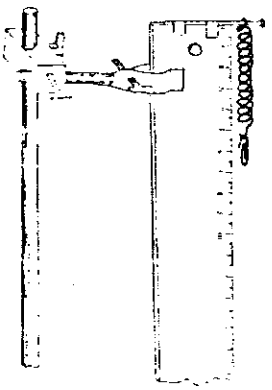
בהצלחה!

בחינת מעבדה בפיסיקה: ניסוי תשמ"ז

ניסוי 1: בניית קפיצים סליליים מתיל נחושת ובדיקת תכונות הקפיצים

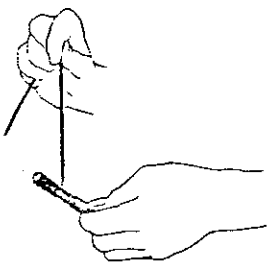
(1) כרוך 100 ס"מ של תיל נחושת על מקלון זכוכית שקוטרו הרשום 0.6 ס"מ. הדק וצופף את הכריכות במידת האפשר ולאחר מכן הורד אותן בהחלקה זהירה מעל מקלון הזכוכית. הסליל שיצרת הוא קפיץ, שאת תכונותיו עליך לבדוק (תרשים 1).

(2) כופף את הכריכה הראשונה ואת הכריכה האחרונה של הקפיץ הסלילי כך שתיווצרנה שתי לולאות אנכיות - האחת לתליית הקפיץ בקצהו העליון והשנייה לתליית משקולות (מהדקי נייר) בקצהו התחתון (תרשים 2).



תרשים 3

תרשים 2



תרשים 1

(3) סרגל שאורכו 30 ס"מ ואשר בקצהו העליון מחובר מסמר ישמש כן לתליית הקפיץ. לשם כך הצג את הסרגל בצורה אנכית בעזרת סטטיב ואוחז, ותלה את הקפיץ הסלילי מן המסמר; מדוד ורשום את אורכו של הקפיץ כשהוא תלוי כך, בצורה אנכית (תרשים 3).

(4) תלה בקצהו התחתון של הקפיץ מהדק נייר ומדוד את התארכות הקפיץ (תרשים 3). חזור על פעולה זאת כשבקצה הקפיץ תלויים 2, 3, 4 ו- 5 מהדקי נייר. ערוך טבלה ורשום בה את התארכות הקפיץ כפונקציה של מספר מהדקי הנייר התלויים בקצהו.

(5) חזור ובנה בשיטה דומה לנ"ל שלושה קפיצים סלילייים נוספים, כשהאורך של תיל הנחושת המשמש לבניית כל קפיץ הוא 100 ס"מ, אולם קוטר הכריכות של הקפיצים שונה, בהתאם לקוטר השונה הרשום על גבי כל אחד משלושת מקלוני הזכוכית הנוספים שקיבלת (או המבחנות).

(6) לגבי כל אחד משלושת הקפיצים הנוספים שבנית ערוך טבלה של התארכות הקפיץ כפונקציה של מספר מהדקי הנייר התלויים בקצהו.

(7) בקנה מידה מתאים, שרטט על נייר מילימטרי גרפים של התארכות כל קפיץ $\Delta\ell$ כפונקציה של מספר מהדקי הנייר n התלויים בקצהו. תוכל לשרטט את כל 4 הגרפים על אותה מערכת צירים.
מהי המסקנה שניתן להסיק מארבעת הגרפים ששרטטת?

(8) נגדיר "התארכות סגולית" של קפיץ כהתארכות הקפיץ הנגרמת על ידי הפעלת כוח שגודלו יחידה אחת (שרירותית) בקצהו, ונסמנה באות C.
מצא על פי הגרפים ששרטטת את "ההתארכות הסגולית" של כל אחד מהקפיצים שבנית; באילו יחידות קיבלת את הערכים של C ?

(9) כדי לבדוק אם C של קפיץ סלילי תלוי בקוטר של כל אחת מכריכות הסליל, D , שרטט גרף של C כפונקציה של D וכן שרטט גרף של C כפונקציה של D^2 עבור ארבעת הסלילים שבנית.
מהי מסקנתך מגרפים אלה?

(10) <u>שאלת רשות</u> א. מה הקשר בין ההגדרה המקובלת לקבוע הקפיץ (k) לבין C המוגדר לעיל?

ב. האם לדעתך תלוי C של הקפיץ באורך החוט, שממנו עשוי הקפיץ? אם כן, כיצד?

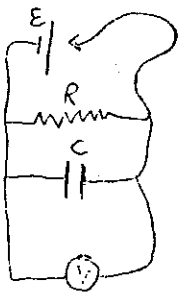
בחינת מעבדה בפיסיקה: ניסוי תשמ"ז

ניסוי 2: מדידות מתח בשעת פריקה של קבל טעון וקביעת קבוע הזמן של המעגל על פי מדידות אלה.

(א) בניית המערכת:

לרשותך מקור מתח ε (ספק, או סוללה של 1.5 וולט), קבל אלקטרוליטי C שקיבולו רשום עליו (כ- 5000 מיקרו פרד), נגד R שהתנגדותו כ- 3000 אום (או תיבת נגדים בה עליך לבחור נגד שהתנגדותו 2700 אום), וולטמטר V עם תחום מדידה של 3 וולט ותיילי חיבור לפי הצורך (חלק עם "תנינים" המאפשרים התחברות להדקי הקבל או הנגד).

השתמש בציוד זה כדי לבנות את המעגל הפתוח המתואר בתרשים (אם לרשותך ספק ולא סוללה, הפעל אותו כמקור מתח של 1.5 וולט בקירוב).



הערה: כדי שלא ייווצר מגע בין ה"תנינים" האוחזים בהדקי הקבל (מגע שיגרום לקצר בין לוחות הקבל), כדאי להשכיב את הקבל ולהימנע מהזזתו בשעת ביצוע המדידות.

(ב) ביצוע המדידות

(1) כדי לטעון את הקבל, סגור את המעגל שבנית על ידי הכנסת הבננה החופשית לשקע המתאים במקור המתח (אם מקור המתח הוא ספק - הפעל אותו לפני הכנסת הבננה לשקע המתאים). מדוד ורשום את המתח שמראה הוולטמטר.

(2) פתח את המעגל על-ידי הוצאת בננה מאחד השקעים של מקור המתח ועקוב אחרי מחוג הוולטמטר במשך כחצי דקה. האם ירידת המתח כפונקציה של הזמן היא לינארית?

(3) חזור וטען את הקבל כמתואר בסעיף 1. החל שוב לפרוק את הקבל על-ידי פתיחת המעגל ומדוד בעזרת שעון עצר את הזמן העובר עד שהמתח על הקבל יורד ל-1.4 וולט.

(יש להקפיד על כך שפוניחת-המעגל תיעשה בו זמנית עם הפעלת שעון העצר).

(4) חזור עוד ארבע פעמים על תהליכי הטעינה והפריקה של הקבל, ומדוד את הזמן העובר מתחילת הפריקה (ז.א. מרגע פתיחת המעגל) ועד שהמתח על הקבל יורד ל-1.1 וולט, ל-0.8 וולט, ל-0.5 וולט ול-0.2 וולט.

רשום את תוצאות מדידותיך בטבלה.

(5) שרטט גרף של המתח V בין לוחות הקבל כפונקציה של הזמן t מרגע בו התחילה פריקת הקבל.

(6) ידוע כי המתח בין לוחות קבל בשעת פריקתו משתנה עם הזמן לפי הנוסחה: $V(t) = V_0 e^{-t/RC}$ כאשר המכפלה RC נקראת "קבוע הזמן" של המעגל.

האם צורת הגרף שקיבלת על פי סעיף 5 נראית לך תואמת נוסחה זו? נמק את תשובתך.

(7) א. לכל אחד מערכי המתח V שמדדת, מצא בעזרת מחשבון מדעי את הערך של $\ln V$ והוסף ערכים אלה לטבלה שהכינות.

ב. שרטט גרף של $\ln V$ כפונקציה של הזמן, t, וקבע על פי את הערך של קביע הזמן, RC, של המעגל.

(8) הסתמך על קיבול הקבל הרשום עליו וחשב את ההתנגדות הכוללת של המעגל. מדוע שונה התוצאה שקיבלת מהערך הידוע של התנגדות הנגד, R? נתן הסבר פיסיקלי ולא כזה המסתמך על שגיאות הניסוי.

(9) <u>שאלת רשות:</u>

נניח שאתה מוציא את הנגד R מתוך המעגל ומבצע את כל המדידות לפי הסעיפים 1 עד 8; כיצד היו משתנות תוצאות מדידותיך בהשוואה למה שקיבלת במדידות שביצעת כאשר הנגד R היה במעגל? נמק את תשובתך!

תשובות סופיות - מבחן 1987

1. א. $v = 25\ \frac{m}{sec}$ ב. $a = 5.21\ \frac{m}{sec^2}$ ג. $X = 30\ m$

2. א. $m = 4\ kg$ ב. $\mu = 0.05$

3. א. $F_{min} = \frac{mg\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)]}{\cos(\alpha) - \mu\cdot\sin(\alpha)}$

ב. $a = 2\cdot g\cdot[\ \mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)\ ]$

ג. $W = \frac{3\cdot mg\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)]}{\cos(\alpha) - \mu\cdot\sin(\alpha)}\cdot L\cdot\cos(\alpha)$

4. א. $v = 1.58\ \frac{m}{sec}$ ב. $k = 31.58\ \frac{N}{m}$ ג. $A = 0.25\ m$

ד. $X = 0.177\ m$

5. א. $v_0 = \sqrt{\frac{1.6\cdot G\cdot M}{R}}$ ב. $h = 4\cdot R$ ג. $v_e = \sqrt{\frac{2\cdot G\cdot M}{R}}$

10. א. $v = 5.93\cdot 10^6\ \frac{m}{sec}$

11. $\lambda = 6543\ \text{Å}$

12. ב. Z^{b-8}_{a-3}

14. א. I. פי $\frac{\epsilon_r}{2}$ II. פי $\frac{\epsilon_r}{2}$ III. אין שינוי IV. פי $\frac{\epsilon_r}{2}$

ב. I. אין שינוי II. פי $\frac{\epsilon_r}{2}$ III. פי $\frac{2}{\epsilon_r}$ IV. פי $\frac{2}{\epsilon_r}$

15. $R_X = 4.5\ \Omega$

16. ב. $R_X = 2000\ \Omega$

17. א. $I = 0.048\ A$ ב. מ- M ל- N ג. $F = 1.92\cdot 10^{-3}\ N$ ימינה
ד. לא היה נוצר כ.א.מ. מושרה.

.18 א. מ- B ל- A ב. פרבולה ג. $V = 0.455\ V$

.19 א. $T = 3.93\ sec$ ב. תיעצר ג. $E = 320\ J$

.20 א. $v = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta)}$ ב. $\mu = \frac{tg(\theta)}{3}$

.21 א. $v = 1370\ \frac{m}{sec}$

.22 ב. $V = 453\ cm^3$ ג. $V = 380\ cm^3$

.23 א. $v_0 = 9.9\ \frac{m}{sec}$

.24 ג. $1\ cm$ ד. $m = 25\ gr$

.25 א. $M_0 = 2.8 \cdot m_0$

.26 א. $m = 3.56 \cdot 10^{-34}\ kg$ ב. $v = 0.967 \cdot c$ ג. $v = 0.999 \cdot c$

.27 ב. $L_2 = 0.5\ H$

.28 א. $P = 0.0815\ W$ ב. $V_R = 12.77\ V$ $V_C = 20.31\ V$

ג. מעגל.

.29 א. $R_1 = 40\ cm$ מרכזת $R_2 = -100\ cm$ מפזרת

ב. $H = 6$ ג. $f = 37.5\ cm$

.31 ג. $T = 11{,}520\ year$

.32 א. $\lambda = 914\ Å$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. נמצא את מהירותו ההתחלתית של הגוף, לאחר פעולת המיתקף עליו:

$$F\cdot\Delta t = \Delta(mv) = mv - 0 = mv$$

$$v = \frac{F\cdot\Delta t}{m} = \frac{1000\cdot 0.01}{0.4} = 25\ \frac{m}{sec}$$

ב. נמצא קודם כל את זמן התנועה של הכדור.
הגובה אותו יורד הכדור עד לגובה של 1.2 m הוא: $7.2 - 1.2 = 6$ m
ומכיוון שמהירותו ההתחלתית בכיוון Y היא אפס, הוא נופל בכיוון זה בנפילה חופשית ולכן:

$$y = \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2\cdot y}{g}} = \sqrt{\frac{2\cdot 6}{10}} = 1.095\ sec$$

המרחק האופקי שמתקדם הכדור בזמן הזה הוא:

$$X = v\cdot t = 25\cdot 1.095 = 27.275\ m$$

בזמן הזה מאיץ הרץ בתאוצה קבועה ממהירות אפס כדי לעבור מרחק של:

$$30.5 - 27.275 = 3.125\ m$$

$$X = v_0 t + \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 \underset{(v_0=0)}{\implies} a = \frac{2\cdot X}{t^2} = \frac{2\cdot 3.125}{1.2} = 5.21\ \frac{m}{sec^2}$$

ג. ההבדל מהחלק הקודם הוא שהגובה השתנה ל- 7.2 m :

$$t = \sqrt{\frac{2\cdot y}{g}} = \sqrt{\frac{2\cdot 7.2}{10}} = 1.2\ sec \implies X = v\cdot t = 25\cdot 1.2 = 30\ m$$

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. הביטוי המתמטי המתאר את הגרף הוא על פי החוק השני של ניוטון, כאשר ברור שקיים בנוסף לכח F כח נוסף, אחרת היה הגרף עובר דרך ראשית הצירים.

$$\Sigma F = ma \implies F - f = ma \implies a = \frac{F}{m} - \frac{f}{m}$$

בשתי דרכים אפשר לפתור את השאלה. הדרך הראשונה היא דרך ההצבה:

כדי למצוא את מסת הגוף נסתכל על שני ערכים בגרף ונשתמש בביטוי השני שהגענו אליו.

נקודה אחת היא: $a = 1\frac{m}{sec^2}$; $F = 6\ N$ $\Longleftarrow$ $6 - f = m\cdot 1$

נקודה שניה היא: $a = 2\frac{m}{sec^2}$; $F = 10\ N$ $\Longleftarrow$ $10 - f = m\cdot 2$

משתי המשוואות בשני הנעלמים נמצא: $m = 4\ kg$; $f = 2\ N$

מסת הגוף היא 4 kg .

הדרך השניה היא דרך שיפוע הגרף. ראינו מהביטוי המתמטי ששיפוע הגרף הוא $\frac{1}{m}$ ולכן: $\frac{1}{m} = \frac{a_2 - a_1}{F_2 - F_1} = \frac{2-1}{10-6} = \frac{1}{4}$

ומכאן, שוב קיבלנו שמסת הגוף 4 kg.

ב.

מצאנו שכח החיכוך שווה ל- 2N ונשתמש בזאת למציאת מקדם החיכוך.

$$f = \mu\cdot N = \mu\cdot mg \implies \mu = \frac{f}{mg} = \frac{2}{4\cdot 10} = 0.05$$

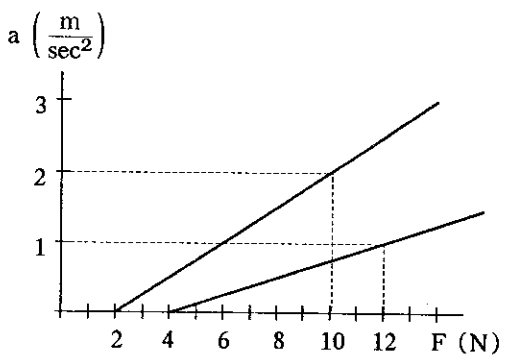
ג. נחשב שתי נקודות חדשות, כאשר הנתונים החדשים הם:

$m = 8\ kg$; $f = \mu\cdot mg = 0.05\cdot 8\cdot 10 = 4\ N$

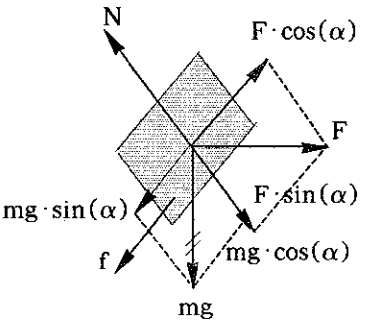
מקרה ראשון כאשר התאוצה $0\frac{m}{sec^2}$: $F = ma + f = 8\cdot 0 + 4 = 4\ N$

מקרה שני כאשר התאוצה $1\frac{m}{sec^2}$: $F = ma + f = 8\cdot 1 + 4 = 12\ N$

הגרף יראה כך:



פיתרון מספר 3 - מכניקה



א. נצייר את תרשים כוחות של הגוף.
הכח המינימלי הוא במצב של שיווי משקל:

$$\Sigma F_X = 0$$
$$F_{min}\cdot\cos(\alpha) - f - mg\cdot\sin(\alpha) = 0$$

כח החיכוך נקבע על פי ציר ה- Y:

$$\Sigma F_Y = 0$$
$$N - mg\cdot\cos(\alpha) - F_{min}\cdot\sin(\alpha) = 0$$

ולכן כח החיכוך הוא:

$$f = \mu N = \mu\cdot[mg\cdot\cos(\alpha) + F_{min}\cdot\sin(\alpha)]$$

נציב לגבי F_{min} ונקבל:

$$F_{min}\cdot\cos(\alpha) - \mu\cdot[mg\cdot\cos(\alpha) + F_{min}\cdot\sin(\alpha)] - mg\cdot\sin(\alpha) = 0$$

ולכן:

$$F_{min} = \frac{mg\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)]}{\cos(\alpha) - \mu\cdot\sin(\alpha)}$$

כדי שהכח הזה יתקיים, המכנה חייב להיות שונה מאפס וחיובי (אחרת הכח שלילי וזה לא יתכן). לשם כך התנאי הוא:

$$\cos(\alpha) - \mu\cdot\sin(\alpha) > 0 \implies \cos(\alpha) > \mu\cdot\sin(\alpha) \implies ctg(\alpha) > \mu$$

ב. נתון: $F = \dfrac{3\cdot mg\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)]}{\cos(\alpha) - \mu\cdot\sin(\alpha)}$.

נשתמש בביטוי שקיבלנו קודם לגבי ציר ה- X, רק שהפעם הוא לא שווה לאפס.

$$F\cdot\cos(\alpha) - \mu\cdot[mg\cdot\cos(\alpha) + F\cdot\sin(\alpha)] - mg\cdot\sin(\alpha) = ma$$

נחלץ איברים משותפים ל- F ול- mg:

$$F\cdot[\cos(\alpha) - \mu\cdot\sin(\alpha)] - mg\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)] = ma$$

נציב את F:

$$3\cdot mg\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)] - mg\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)] = ma$$

$$a = 2\cdot g\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha) + \sin(\alpha)]$$

ג. הכח F נמצא בזווית α לכיוון ההתקדמות לכן העבודה שהוא עושה היא:

$$W = F\cdot X\cdot\cos(\alpha) = \frac{3\cdot mg\cdot[\mu\cdot\cos(\alpha)+\sin(\alpha)]}{\cos(\alpha)-\mu\cdot\sin(\alpha)}\cdot L\cdot\cos(\alpha)$$

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. כאשר המסה נמצאת בנקודת שיווי המשקל כל האנרגיה היא קינטית ואז המהירות היא המהירות המכסימלית:

$$E = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 \quad\Longrightarrow\quad v = \sqrt{\frac{2\cdot E}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1}{0.8}} = 1.58\ \frac{m}{sec}$$

ב. מזמן המחזור של התנועה ומן הנתון של המסה נמצא את קבוע הקפיץ:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}} \quad\Longrightarrow\quad k = m\cdot\frac{4\cdot\pi^2}{T^2} = 0.8\cdot\frac{4\cdot\pi^2}{1^2} = 31.58\ \frac{N}{m}$$

ג. מן הנתון של האנרגיה של המערכת נמצא את המשרעת של התנועה. כאשר הגוף נמצא בקצה המסלול כל האנרגיה של המערכת נמצאת כאנרגיה פוטנציאלית של הקפיץ:

$$E = \frac{1}{2}\cdot k\cdot A^2 \quad\Longrightarrow\quad A = \sqrt{\frac{2\cdot E}{k}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1}{31.58}} = 0.25\ m$$

ד. בנקודה בה שוות האנרגיה הקינטית והפוטנציאלית, הערך של האנרגיה הפוטנציאלית שווה למחצית האנרגיה הכללית.

$$\frac{1}{2}\cdot k\cdot X^2 = \frac{1}{2}\cdot\left[\frac{1}{2}\cdot k\cdot A^2\right] \quad\Longrightarrow\quad X = \frac{A}{\sqrt{2}} = \frac{0.25}{\sqrt{2}} = 0.177\ m$$

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. נכתוב את משוואת שימור האנרגיה הכללית בנקודת היציאה (A) ובנקודה אליה הגיע הטיל (B) הנמצאת ברדיוס של $4\cdot R$ ממרכז הכוכב:

$$E_A = E_B \quad\Longrightarrow\quad \frac{-G\cdot M\cdot m}{R} + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_0^2 = \frac{-G\cdot M\cdot m}{4\cdot R} + \frac{1}{2}\cdot m\cdot(0.25\,v_0)^2$$

נצמצם את מסת החללית ונעביר אגפים:

$$\frac{3\cdot G\cdot M}{4\cdot R} = 0.46875\cdot {v_0}^2 \quad\Longrightarrow\quad v_0 = \sqrt{\frac{1.6\cdot G\cdot M}{R}}$$

ב. הטיל צריך להישלח ישירות כלפי מעלה, כדי שבשיא הגובה כל האנרגיה שלו תהיה פוטנציאלית כובדית, ולא תישאר לו אנרגיה קינטית. כך האנרגיה הפוטנציאלית תהיה מכסימלית (כמו שבזריקה על פני כדור הארץ, בשיא הגובה של זריקה כלפי מעלה כל האנרגיה היא פוטנציאלית, ולכן שיא הגובה גדול יותר מבזריקה משופעת באותה המהירות)

$$\frac{-G\cdot M\cdot m}{R}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_0^2=\frac{-G\cdot M\cdot m}{X}$$

נציב את הביטוי למהירות ונצמצם את m,M,G :

$$-\frac{1}{R}+\frac{1}{2}\cdot\frac{1.6}{R}=-\frac{1}{X}\quad\Longrightarrow\quad X=5\cdot R$$

$$h=x-R=5\cdot R-r=4\cdot R$$

ג. מהירות המילוט מביאה את הטיל למרחק אינסופי ($R=\infty$) במהירות אפס ($v=0$) כך שגם האנרגיה הפוטנציאלית וגם האנרגיה הקינטית של הגוף שוות לאפס.

$$\frac{-G\cdot M\cdot m}{R}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_e^2=0\quad\Longrightarrow\quad v_e=\sqrt{\frac{2\cdot G\cdot M}{R}}$$

פיתרון מספר 6 - שאלון השלמה

תנועת מסה עקב הכח של קפיץ אינה תלויה בהימצאות כח משיכה, כך שממדידת זמן מחזור של מסה התלויה בקפיץ בעל קבוע קפיץ ידוע, על פי הנוסחה: $T=2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{k}}$ אפשר למדוד את מסת הגוף.

פיתרון מספר 7 - שאלון השלמה

קודם כל נפתור את השאלה בעזרת שיקולים אינטואיטיביים:
אם היתה מצויה באויר היתה עדשה זו מרכזת כי מרכזה דק יותר מהקצה שלה. אבל כאן המצב הפוך. התווך החיצוני גדול מן התווך של העדשה כך שהתכונות האופטיות מתהפכות והעדשה הזו תהיה עדשה מפזרת.
נחזק עכשיו את הטיעון בעזרת הנוסחה המתמטית. נוסחת העדשות היא:

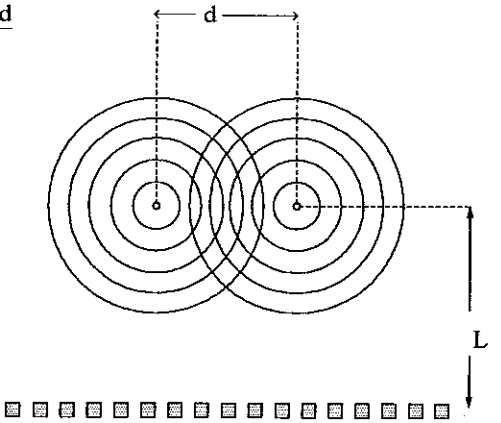
$$\frac{1}{f}=\frac{(n_1-n_2)}{n_2}\cdot\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

ההפרש בין n_1 ל- n_2 קובע את הסימן של העדשה, ואם היא היתה חיובית כשבחוץ היה אויר היא תהיה שלילית כשבחוץ נוזל צמיג יותר.

פיתרון מספר 8 - שאלון השלמה

נציב שורת גופים צפים במרחק L כך שהוא גדול בהרבה מן המרחק d בין מרכזי הרעידה של הכדורים: $L >> d$.
חלק מן הכדורים ישארו עם תנועה מעטה כי ההתאבכות בהם היא הורסת ובחלק תהיה משרעת גדולה מאד יחסית כי ההתאבכות בהם היא בונה. נמדוד את המרחק (ΔX) בין שתי נקודות סמוכות כאלו שבהן המשרעת מכסימלית. מתקיים הקשר:

$$\lambda = \frac{\Delta X \cdot d}{L}$$



שורת גופים הצפים באמבט

פיתרון מספר 9 - שאלון השלמה

גם אור באורך גל שאינו נראה יכול לגרום לאלקטרונים להשתחרר ממתכת בתא פוטואלקטרי שמציבים בה מתכת עם אנרגית קשר מתאימה. אם משתחררים אלקטרונים למרות שבעין לא נראה אור זוהי הוכחה לקיום קרינה קצרה או ארוכה מן הספקטרום הנראה.

פיתרון מספר 10 - שאלון השלמה

א. האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית הפכה לאנרגיה קינטית:

$$qV = \frac{1}{2} m v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot V}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 100}{9.1 \cdot 10^{-31}}} = 5.93 \cdot 10^6 \frac{m}{sec}$$

ב. אי אפשר ליצור בעזרת אלקטרונים אלה קרני X כי לאלקטרונים אלה אנרגיה של 100 eV ואילו לקרינת X דרושה אנרגיה של 10^6 eV.

פיתרון מספר 11 - שאלון השלמה

לפוטונים אלה אנרגיה השווה בדיוק לאנרגית הקשר והם ישחררו את האלקטרון ללא שום אנרגיה קינטית.

$$\frac{hc}{\lambda} = B \Longrightarrow \lambda = \frac{hc}{B} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{1.9 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 6.543 \cdot 10^{-7}\ m = 6543\ \text{Å}$$

פיתרון מספר 12 - שאלון השלמה

א. זמן מחצית חיים הוא הזמן העובר עד להתפרקות מחצית מהחומר הרדיואקטיבי.

ב. $${}^{b}_{a}X \xrightarrow{2\alpha} {}^{b-8}_{a-4}Y \xrightarrow{\beta^-} {}^{b-8}_{a-3}Z \xrightarrow{3\gamma} {}^{b-8}_{a-3}Z$$

פיתרון מספר 13 - שאלון השלמה

השנאי עובד בעזרת תופעת המתח המושרה הקיים רק עם שינוי שטף מגנטי. כאשר יש זרם ישר ואין שינוי שטף מגנטי לא נוצר מתח מושרה ואי אפשר לנצל את השנאי.

פיתרון מספר 14 - חשמל

הביטוי לקיבול של קבל כתלות במבנה הגיאומטרי שלו הוא:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$$

המעבר ממצב 1 למצב 2 ישנה את הקיבול ללא קשר לצורת החיבור:

$$C_1 = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \qquad C_2 = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{S}{2d} = \frac{\epsilon_r}{2} \cdot C_1$$

א. כאשר מעבירים את הקבל ממצב 1 למצב 2 כאשר הקבל מחובר למקור מתח קבוע V, לא ישתנה המתח כי הקבל עדיין מחובר לאותו מקור המתח.

$$V_2 = V_1 = V$$

המטען ישתנה:

$$Q_1 = C_1 \cdot V \qquad Q_2 = C_2 \cdot V = \frac{\epsilon_r}{2} \cdot C_1 \cdot V = \frac{\epsilon_r}{2} \cdot Q_1$$

האנרגיה תשתנה גם היא:

$$E_1 = \frac{Q_1 \cdot V}{2} \qquad E_2 = \frac{Q_2 \cdot V}{2} = \frac{\frac{\epsilon_r}{2} \cdot Q_1 \cdot V}{2} = \frac{\epsilon_r}{2} \cdot E_1$$

ב. אם לוחות הקבל מנותקים ממקור המתח ישאר המטען על לוחות הקבל קבוע כי אין למטען לאן לנוע. $Q_1 = Q_2 = Q$
המתח ישתנה:

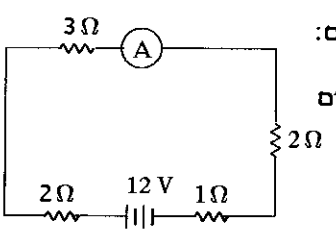
$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \qquad V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{2}{\epsilon_r} \cdot \frac{Q}{C_1} = \frac{2}{\epsilon_r} \cdot V_1$$

האנרגיה תשתנה גם היא:

$$E_1 = \frac{Q \cdot V_1}{2} \qquad E_2 = \frac{Q \cdot V_2}{2} = \frac{Q \cdot \frac{2}{\epsilon_r} \cdot V_1}{2} = \frac{2}{\epsilon_r} \cdot E_1$$

פיתרון מספר 15 - חשמל

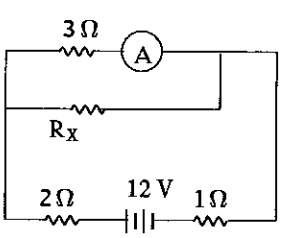
נצייר את המעגל כאשר המפסקים פתוחים:



זהו מעגל טורי פשוט. נמצא את הזרם באמפרמטר:

$$I = \frac{12}{1+2+3+2} = 1.5\ A$$

נצייר את המעגל כשהמפסקים סגורים:



ההשפעה של סגירת S_2 היא קיצור הנגד R_2 כך שזרם לא זורם דרכו ואפשר להתעלם ממנו.

אם ידוע לנו שבאמפרמטר זורם אותו זרם של 1.5 A , אפשר לחשב את המתח על הנגד של 3Ω . המתח הוא:
$V = I \cdot R = 1.5 \cdot 3 = 4.5\ V$

לשאר שני הנגדים המחוברים בטור נשאר מתח של: $12 - 4.5 = 7.5\ V$

הזרם דרכם הוא: $I = \frac{V}{R} = \frac{7.5}{2+1} = 2.5\ A$ שהוא הזרם הכללי במעגל.

הזרם דרך הנגד R_X הוא ההפרש בין הזרמים: $I_X = 2.5 - 1.5 = 1\ A$

כך שידוע לנו על הנגד R_X מהו המתח עליו ומהו הזרם דרכו ואפשר למצוא את התנגדותו:

$$R_X = \frac{V}{I_X} = \frac{4.5}{1} = 4.5\Omega$$

פיתרון מספר 16 - חשמל

א. הגרף מתאר את הקשר בין I לבין V: $I = \frac{V}{R}$, לכן שיפוע הגרף הוא: $\frac{1}{R}$

אבל, ההתנגדות המתוארת בגרף היא ההתנגדות השקולה של הנגד R_X והוולטמטר כי האמפרמטר מודד את הזרם המשותף לשניהם.

שינוי הוולטמטר גורם לשינוי ההתנגדות ולכן גם לשינוי השיפוע.

ב. במקרה הראשון: $I = I_1 + I_X = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_X}$ השיפוע הוא: $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_X}$

נציב: $\frac{20 \cdot 10^{-3}}{30} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_X}$

במקרה השני: $I = I_2 + I_X = \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_X}$ השיפוע הוא: $\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_X}$

נציב: $\frac{25 \cdot 10^{-3}}{30} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_X}$

במקרה השלישי: $I = I_1 + I_X + I_2 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_X} + \frac{V}{R_2}$ השיפוע הוא:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_X} + \frac{1}{R_2}$$

נציב: $\frac{30 \cdot 10^{-3}}{30} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_X} + \frac{1}{R_2}$

נציב במשוואה השלישית את $\frac{1}{R_1}$ ו- $\frac{1}{R_2}$ ונקבל: $R_X = 2000\Omega$

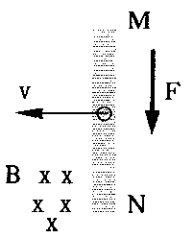
פיתרון מספר 17 - חשמל

(חסר נתון בשאלה. הנתון הרשמי: מהירות המוט $3\ \frac{m}{sec}$)

א. נוצר זרם מושרה בעקבות המתח המושרה הנגרם בגלל תנועת המוט:

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{B \cdot L \cdot v}{R} = \frac{0.4 \cdot 0.1 \cdot 3}{2 + 0.5} = 0.048\ A$$

ב. המטענים נעים שמאלה והשדה המגנטי פנימה, כך שעל פי כלל יד ימין כיוון הכח עליהם הוא למטה, כך שהזרם (שהוא תנועת מטענים חיוביים) הוא מ- M ל- N



ג. $F = B \cdot I \cdot L = 0.4 \cdot 0.048 \cdot 0.1 = 1.92 \cdot 10^{-3}\ N$
כיוון הכח הוא ימינה, הפוך לכיוון המהירות.

ד. לא היה נוצר כ.א.מ. מושרה כי כיוון תנועת המטענים היה מקביל לכיוון השדה המגנטי.

פיתרון מספר 18 - חשמל

א. כדי שהאלקטרון יסטה לכיוון B צריך הכח להיות כלפי מטה. מכיוון שהאלקטרון הוא שלילי והכח פועל עליו בכיוון הפוך לכיוון השדה החשמלי , צריך השדה החשמלי להיות כלפי מעלה מ- B ל- A .

ב. האלקטרון מרגיש כח בכיוון ציר Y בלבד. בכיוון ציר X הוא נע במהירות קבועה.

בכיוון Y: $y = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ בכיוון X: $x = v \cdot t$

נבודד את t ונציב בביטוי ל- y: $y = \frac{1}{2} \cdot a \cdot \left(\frac{x}{v}\right)^2 = K \cdot x^2$

זוהי משוואת פרבולה.

ג. נמצא ביטוי לתאוצה בעזרת החוק השני של ניוטון : $\Sigma F = ma$
הכח הגורם לתאוצה הוא הכח החשמלי $q \cdot E$. בין לוחות קבל מתקיים הקשר $E = \frac{V}{d}$

$$q \cdot E = q \cdot \frac{V}{d} = ma \implies a = \frac{q \cdot V}{m \cdot d}$$

נציב בביטוי שמצאנו קודם לקשר בין y ל- x:

$$y = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{q\cdot V}{m\cdot d}\right)\cdot\left(\frac{x}{v}\right)^2$$

נבודד את V:

$$V = \frac{2\cdot d^2\cdot m\cdot v^2}{q\cdot x^2} = \frac{2\cdot(5\cdot 10^{-3})^2\cdot 9.1\cdot 10^{-31}\cdot(6\cdot 10^5)^2}{1.6\cdot 10^{-19}\cdot(15\cdot 10^{-3})^2} = 0.455\ V$$

ד. שני ההבדלים בין האלקטרון והפרוטון הם בסימן של המטען ובגודל המסה. לכן, כיוון השדה החשמלי יהיה הפוך ועוצמת המתח תשתנה. צורת המסלול נשארת זהה.

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. כתוצאה מהליכת האדם על הדיסקה תתחיל הדיסקה להסתובב בכיוון ההפוך, כך שהתנע הזוויתי של המערכת ישמר. מכיוון שהוא היה אפס לפני תחילת התנועה הוא ישאר אפס. שימור התנע הזוויתי הוא:

$$I_1\cdot\omega_1 + I_2\cdot\omega_2 = 0$$

לכן:

$$\omega_2 = -\omega_1\cdot\frac{I_1}{I_2} = -\omega_1\cdot\frac{m\cdot r^2}{\frac{1}{2}\cdot M\cdot r^2} = -\omega_1\cdot\frac{2m}{M} = -\omega_1\cdot\frac{2\cdot 80}{160} = -\omega_1$$

מכיוון ש- $\omega_1 = \frac{v}{r} = \frac{2}{2.5} = 0.8\ \frac{rad}{sec}$ הרי שנקבל: $\omega_2 = -0.8\ \frac{rad}{sec}$

המהירות הזוויתית היחסית היא הפרש המהירויות הזוויתיות:

$$\omega_{12} = \omega_1 - \omega_2 = 0.8 - (-0.8) = 1.6\ \frac{rad}{sec}$$

הזמן לחזרה לנקודת ההתחלה הוא זמן מחזור:

$$\omega = \frac{2\cdot\pi}{T} \implies T = \frac{2\cdot\pi}{\omega} = \frac{2\cdot\pi}{1.6} = 3.93\ sec$$

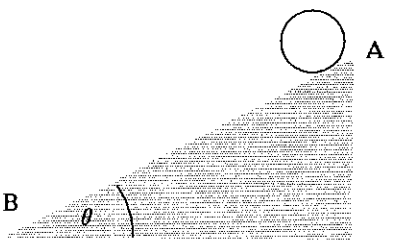
ב. הדיסקה תיעצר גם היא כי הכח המופעל הוא פנימי וחוק שימור התנע הזוויתי קובע שללא פעולת מומנט חיצוני לא ישתנה התנע הזוויתי הכללי שהיה במקרה זה אפס מתחילת התנועה.

ג. האנרגיה שתשתחרר כחום היא האנרגיה הקינטית הסיבובית שהיתה לשני הגופים בזמן הסיבוב.

$$E = \frac{1}{2}\cdot I_1\cdot\omega_1^2 + \frac{1}{2}\cdot I_2\cdot\omega_2^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot r^2\cdot\omega_1^2 + \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot M\cdot r^2\right)\cdot\omega_2^2$$

$$E = \frac{1}{2}\cdot 80\cdot 2.5^2\cdot 0.8^2 + \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot 160\cdot 2.5^2\right)\cdot(-0.8)^2 = 320\ J$$

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח



נמצא את מהירות הגליל בתחתית המדרון בעזרת שיקולי אנרגיה. נשווה את האנרגיה בראש המדרון (A) הכוללת אנרגיה פוטנציאלית בלבד, לאנרגיה בתחתית המדרון (B) הכוללת אנרגיה קינטית של מרכז המסה ואנרגית סיבוב.
העובדה שזהו גלגול ללא החלקה מתבטאת בקשר בין המהירות הזוויתית ω והמהירות הקווית v: $v = \omega \cdot r$

$$mgh = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

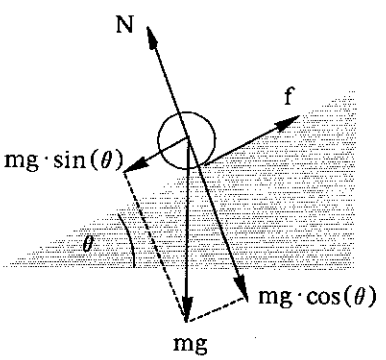
נציב במשוואה: $\omega = \frac{v}{r}$; $I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$; $h = L \cdot \sin(\theta)$

ונצמצם את המסה.

$$2 \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta) = v^2 + \frac{1}{2} \cdot r^2 \cdot \frac{v^2}{r^2} = \frac{3}{2} \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot g \cdot L \cdot \sin(\theta)}$$

ב. נצייר את תרשים הכוחות על הגליל:



משוואת הכוחות בכיוון X היא:
$\Sigma F_X = ma$
(1) $mg \cdot \sin(\theta) - f = ma$

משוואת הכוחות בכיוון Y היא:
$\Sigma F_Y = 0$
(2) $N - mg \cdot \cos(\theta) = 0$

$$f = \mu \cdot N = \mu \cdot mg \cdot \cos(\theta)$$

משוואת המומנטים היא: $\Sigma M = I\alpha$

$$f \cdot r = I \cdot \alpha = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 \cdot \frac{a}{r} \Longrightarrow f = \frac{m \cdot a}{2}$$

מכאן משוואה (2) נותנת: $\mu \cdot mg \cdot \cos(\theta) = \frac{ma}{2}$

ומשוואה (1) נותנת: $mg \cdot \sin(\theta) = \frac{3}{2} \cdot ma$

מחלוקת משוואה במשוואה נקבל: $\mu = \frac{tg(\theta)}{3}$

פיתרון מספר 23 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. נשתמש במשוואת ברנולי: $\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2$

נעביר את יחידות צפיפות המים ל- M.K.S.:

$$\rho = 1\ \frac{gr}{cm^3} = 1\ \frac{10^{-3}\ kg}{10^{-6}\ m^3} = 1000\ \frac{kg}{m^2}$$

הנתונים הם:

$$y_1 = 2.5\ m\ ;\ v_1 = 0\ ;\ P_1 = 1.34\ At = 1.34\ \frac{kg}{cm^2} = 1.34 \cdot 10^5\ \frac{N}{m^2}$$

$$y_2 = 1\ m\ ;\ v_2 = ?\ ;\ P_2 = 1\ At = 1 \cdot 10^5\ \frac{N}{m^3}$$

נציב במשוואה:

$$\frac{1.34 \cdot 10^5}{1000 \cdot 10} + 0 + 2.5 = \frac{1 \cdot 10^5}{1000 \cdot 10} + \frac{v_2^2}{2 \cdot 10} + 1 \implies v_2 = 9.9\ \frac{m}{sec}$$

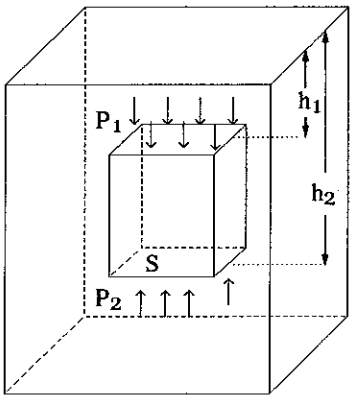
ב. שני גורמים גורמים לירידת זרם המים. האחד הוא הקטנת לחץ האויר הכלוא מעל פני המים במיכל (P_1) בגלל הגדלת הנפח שלו, והשני הקטנת גובה המים במיכל (y_1).

ג. ניקוב חור בתקרת המיכל יגרום ללחץ מעל המים במיכל להשתוות ללחץ האטמוספירי בחוץ, ולכן יקטן זרם המים היוצאים. בהמשך לא תיווצר תופעה של יניקה (תת לחץ) בתוך המיכל כך שהזרימה תהיה יחסית גדולה יותר.

פיתרון מספר 24 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. כח עילוי נוצר עקב הפרש לחצים הידרוסטטיים בין החלק התחתון והחלק העליון של גוף השקוע בנוזל.
מקורו של הלחץ ההדרוסטטי הוא בעמוד הנוזל הנמצא מעל לגוף.

ב. חוק ארכימדס: כח העילוי הפועל על גוף שווה למשקל הנוזל שנדחה.
נסתכל על קוביה שמשקלה הסגולי d השקועה בנוזל שמשקלו הסגולי ρ, כך שהפיאה העליונה של הקוביה נמצאת בעומק h_1 והפיאה התחתונה בעומק h_2 . שטח הפיאות הוא S.

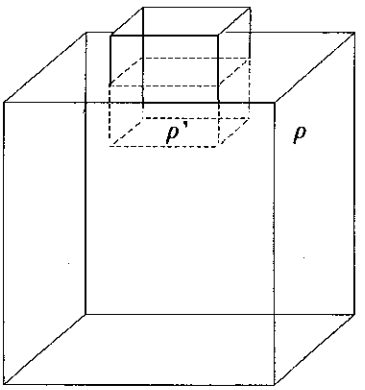


הכח של הנוזל המופעל על הפיאה העליונה של הקוביה, עקב הלחץ ההדרוסטטי הוא:
$F_1 = P_1 \cdot S = \rho \cdot h_1 \cdot S$
הכח של הנוזל המופעל על הפיאה העליונה של הקוביה, עקב הלחץ ההדרוסטטי הוא:
$F_2 = P_2 \cdot S = \rho \cdot h_2 \cdot S$

הכח השקול הוא:
$F = F_2 - F_1 = \rho \cdot S \cdot (h_2 - h_1)$

הגודל $S \cdot (h_2 - h_1)$ הוא בדיוק נפח הקוביה V , ולכן:
$F = \rho \cdot V = W$
כאשר W הוא משקל הנוזל שנדחה.

ג. חוק הציפה קובע שמשקל הגוף שווה למשקל הנוזל שנדחה.
נסמן את נפח הגוף ב- V ואת נפח הנוזל שנדחה ב- V'.



משקל הגוף הוא: $\rho' \cdot V$
משקל הנוזל שנדחה הוא: $\rho \cdot V'$
מכאן, לפי חוק הציפה:
$\rho \cdot V' = \rho' \cdot V$
$V' = V \cdot \frac{\rho'}{\rho} = 5^3 \cdot \frac{0.8}{1} = 100\,cm^3$
נפח הנוזל שנדחה הוא $100\ cm^3$
תוספת זו מתחלקת על שטח של $100\ cm^2$ ולכן:
$h = \frac{V'}{S} = \frac{100}{100} = 1\ cm$

ד. משקל הקוביה שווה למשקל הנוזל שמחוץ למים.
$\rho \cdot V'' = 1 \cdot (125 - 100) = 25\ gr$

פיתרון מספר 27 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. הזרם האפקטיבי במעגל זרם חילופין טורי נתון בנוסחה:

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V_{eff}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}}$$

הזרם הזה משתנה כאשר משנים את תדירות מקור המתח ω. הערך המכסימלי האפשרי לזרם הוא כאשר הביטוי במכנה הוא מינימלי וזה מתרחש כאשר היגב הסליל $\omega \cdot L$ שווה להיגב הקבל $\frac{1}{\omega \cdot C}$.

תדירות מקור המתח הגורמת למצב זה נקראת תדירות התהודה של המעגל:

$$\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C} \implies \omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

השיטה הפשוטה לזהות מצב של תהודה הוא הסתכלות על הזרם האפקטיבי במעגל בעזרת אמפרמטר. זרם זה מגיע למכסימום, כאמור, בדיוק במצב של תהודה.

ב. תדירות מקור המתח נשארת קבועה בשני המצבים כך שתדירות התהודה היא זהה.

$$\frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}} = \frac{1}{\sqrt{(L_1 + L_2) \cdot C_2}} \implies L_1 \cdot C_1 = (L_1 + L_2) \cdot C_2$$

$$L_2 = L_1 \cdot \frac{C_1 - C_2}{C_2} = 2 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-6} - 20 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}} = 0.5\ H$$

פיתרון מספר 28 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

המעגל הוא מעגל טורי פשוט של נגד וקבל. החום הנפלט הוא החום בנגד $P = I_{eff}^2 \cdot R$. נמצא לשם כך את הזרם במעגל:

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{\sqrt{R^2 + X_C^2}} = \frac{24}{\sqrt{2000^2 + \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1 \cdot 10^{-6}}\right)^2}} = 6.38 \cdot 10^{-3} A$$

וההספק הוא:

$$P = I_{eff}^2 \cdot R = (6.38 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 2000 = 0.0815\ W$$

ב. המתח על הנגד הוא:

$$V_{R\,eff} = I_{eff} \cdot R = 6.38 \cdot 10^{-3} \cdot 2000 = 12.77\ V$$

המתח על הקבל הוא:

$$V_{C\,eff} = I_{eff} \cdot X_C = 6.38 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 20.31\ V$$

ג. באוסצילוסקופ המחובר בצורה בה הוא מראה מתח בשני ציריו (מצב X-Y) וכאשר תדירות שני המתחים זהה, הצורה המתקבלת באופן כללי היא אליפסה שצורתה תלויה בהפרש המופע בין המתחים. מכיוון שהפרש המופע בין המתח על הנגד והמתח על הקבל הוא: 90° $(\frac{\pi}{2})$ תהיה הצורה מעגל.

פיתרון מספר 29 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. נחשב את מרחק המוקד של העדשה הראשונה. נתון שהדמות היא ישרה ולכן אנחנו יודעים שהיא מדומה. הנתונים הם:

$u = 25\ cm\ ;\ v = -150\ cm$

ממשוואת העדשה נקבל:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-150} = \frac{1}{30} \implies f = 30\ cm$$

נחשב את מרחק המוקד של העדשה השניה. נתון שהדמות היא באותו הצד של העצם ולכן אנחנו יודעים שהיא מדומה. הנתונים הם:

$u = \infty\ ;\ v = -150\ cm$

ממשוואת העדשה נקבל:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-150} = \frac{1}{-150} \implies f = -150\ cm$$

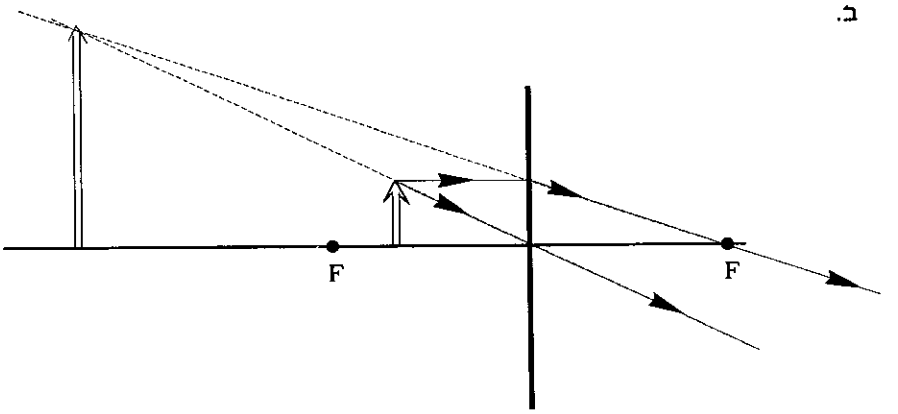
נשתמש בנוסחת העדשות: $\frac{1}{f} = (n-1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$

כאשר נתון: $n = 1.67$

במקרה א': $\frac{1}{30} = (1.67-1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1}\right) \implies R_1 = 40\ cm$

במקרה ב': $\frac{1}{-150} = (1.67-1) \cdot \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{\infty}\right) \implies R_2 = -100\ cm$

ב.



ג. $H = \left|\frac{v}{u}\right| = \left|\frac{-150}{25}\right| = 6$

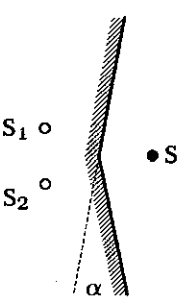
ד. שתי עדשות צמודות מהוות עדשה אחת. נוסחת חיבור העדשות נותנת:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{30} + \frac{1}{-150} = \frac{1}{37.5} \Longrightarrow f = 37.5\ \text{cm}$$

ה. העדשה הראשונה היא עדשה קמורה. בה ניתן להשתמש לתיקון רוחק ראיה. אדם אינו רואה טוב מקרוב והעדשה הקמורה מרחיקה את הדמות למרחק הראיה הקרובה של האדם.

העדשה השניה היא עדשה קעורה. בעדשה זו ניתן להשתמש לתיקון קוצר ראיה. אדם לא רואה טוב מרחוק והעדשה הקעורה מקרבת את הדמות עד למרחק הראיה הקרובה שלו.

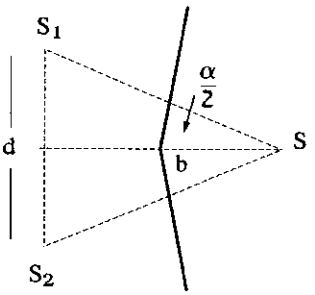
פיתרון מספר 30 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים



א. מקור האור S יוצר שתי דמויות מדומות S_1 ו- S_2 . שתי דמויות אלו מהוות מקורות אור שווי מופע היוצרים תבנית התאבכות.

ב. כדי למצוא את רוחב פסי האור נשתמש בנוסחה: $\Delta X = \frac{\lambda L}{d}$

נחשב את המרחק d בין מקורות האור המדומים.



נבטא קודם כל את המרחק $\overline{S_1S}$ כפונקציה של b:

$$\overline{S_1S} = 2\cdot b\cdot\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

המרחק d הוא:

$$d = \overline{S_1S_2} = 2\cdot\overline{S_1S}\cdot\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2\cdot b\cdot\sin(\alpha)$$

(השתמשנו בזהות

$$\left(\ 2\cdot\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \sin(\alpha)\right)$$

בזוויות קטנות ניתן לעשות את הקירוב:

$$\sin(\alpha) \approx \alpha$$

ולכן:

$$d \approx 2\cdot b\cdot\alpha$$

נציב בביטוי לרוחב פסי האור:

$$\Delta X = \frac{\lambda\cdot L}{d} = \frac{\lambda\cdot L}{2\cdot b\cdot\alpha}$$

ג. לא ניתן לקבל תבנית התאבכות משני מקורות אור כי הם אינם יכולים להיות שווי מופע. רק אור שיצא ממקור אחד והתפצל כמו בעזרת שני סדקים או בעזרת מראות, יכול ליצור תבנית התאבכות.

פיתרון מספר 31 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. קצב התפרקות החומרים הרדיואקטיביים לא תלוי בסביבה. היחס בין ריכוז החומר הרדיואקטיבי והתוצר שלו תלוי בגיל החומר. ככל שהיחס גדול יותר לטובת התוצר כך ישן יותר החומר.

פחמן -14 הוא חומר רדיואקטיבי עם זמן מחצית חיים של 5760 שנה. קרינה קוסמית הבאה מן החלל ופוגעת בארץ הופכת נתרן לפחמן -14 ההופך חזרה לנתרן.

היחס בין הפחמן הרדיואקטיבי והרגיל נשאר קבוע בחיות ובצמחים כי מצד אחד הוא מתפרק ומצד שני הוא מוכנס לגוף על ידי אכילה. כאשר הצמח או החיה מתים ולא נכנס פחמן רדיואקטיבי חדש משתנה ריכוז הפחמן הרדיואקטיבי בגוף. ממדידת הריכוז ומידיעת זמן מחצית החיים אפשר לקבוע את גיל החיה או הצמח.

ב. דיוק השיטה נמוך ככל שעובר יותר זמן כי כמות החומר שנשארת קטנה יותר וקשה למדוד אותה.

ג. אם הריכוז קטן פי 4 עברו שני זמני מחצית חיים. (בכל אחד הריכוז קטן פי שניים) ולכן:

$$T = 2\cdot T_{1/2} = 2\cdot 5760 = 11{,}520 \text{ year}$$

פיתרון מספר 32 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. אורך הגל המכסימלי יגרום לאלקטרון להשתחרר ללא אנרגיה קינטית כך שכל האנרגיה של הפוטון משמשת לאנרגית השחרור של האלקטרון.

$$B = h\cdot\nu = \frac{h\cdot c}{\lambda}$$

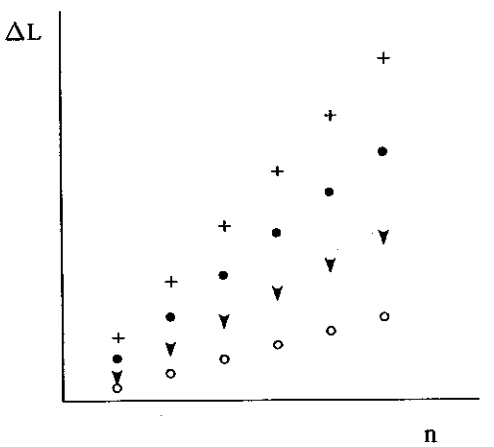
$$\lambda = \frac{h\cdot c}{B} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{13.6\cdot 1.6\cdot 10^{-19}} = 9.14\cdot 10^{-8}\ \mathrm{m} = 914\ \text{Å}$$

ב. אם יפגעו באטומי המימן גלים אלקטרומגנטיים עם אורך גל קצר יותר, היינו עם אנרגיה גדולה יותר, הם יגרמו לשחרור האלקטרון עם אנרגיה קינטית. האנרגיה הקינטית שווה להפרש האנרגיה בין אנרגית הפוטון ואנרגית הקשר: $E_k = h\cdot\nu - B$

אם יפגעו באטומי המימן גלים אלקטרומגנטיים עם אורך גל ארוך יותר, היינו עם אנרגיה קטנה יותר, יכולים להתרחש שני דברים.
1) במידה והאנרגיה של הפוטונים שווה בדיוק להפרש אנרגיה בין שתי רמות באטום המימן, הפוטון יעורר את האלקטרון ועל ידי כך יעלם תוך כדי מסירת כל האנרגיה שלו. האלקטרון המעורר יחזור אחר כך לרמת היסוד תוך כדי פליטת פוטון.
2) במידה והאנרגיה לא מתאימה להפרש אנרגיה בין רמות, הפוטון לא יבלע על ידי האלקטרון אלא ימשיך בדרכו ללא שינוי. קרוב לוודאי שפוטון זה ימסור את האנרגיה שלו לחומר בכל זאת ויגרום לחימום החומר, אבל לא לעירור אלקטרונים.

מעבדת חקר - ניסוי א' - בדיקת תכונות קפיצים

7. לגבי כל אחד מארבעת הקטרים מתקבל קו ישר. הגרף האיכותי של כל ארבעת האורכים נראה כך:



המסקנה המתקבלת היא שככל שקוטר הקפיץ גדול יותר כך קטן יותר קבוע הקפיץ שלו.

8. נגדיר התנגדות סגולית C כהתארכות לכח השרירותי של משקל של מהדק ניר אחד.
(ההתנגדות הסגולית דומה במקצת למושג המוכר מלימודי הפיסיקה כקבוע הקפיץ K. קבוע הקפיץ מוגדר ככח שיגרום להתארכות ביחידת אורך)

היחידות שבהן תימדד C הן: $\frac{m}{W_0}$. כאשר W_0 הוא משקל מהדק ניר אחד.

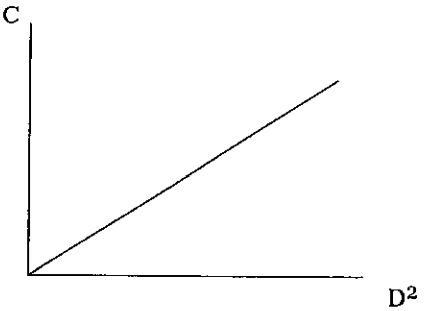
ההתארכות הכללית היא לכן: $\Delta L = n \cdot C$

השיפוע של הגרף של ΔL כפונקציה של n הוא לכן C.

את השיפוע נמצא מהגרף על ידי ההפרשים בין שתי נקודות:

$$a = C = \frac{\Delta(\Delta L)}{\Delta(n)} = \frac{\Delta L_2 - \Delta L_1}{n_2 - n_1}$$

9. הגרף של C כפונקציה של D^2 , באופן איכותי הוא:



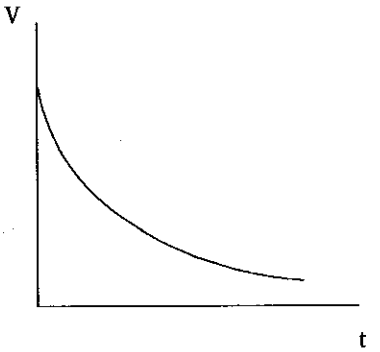
המסקנה היא שככל ששטח הקפיץ גדול יותר ההתארכות הנובעת ממשקל של מהדק אחד (או כל משקל אחר) גדולה יותר. (התלות הלינארית היא ב- D^2 ולא ב- D וזהו ביטוי הקשור לשטח החתך)

10. קבוע הקפיץ הוא כמות הכח הגורכת ליחידת התארכות ואילו הקבוע C הוא ההופכי שלו, היינו כמות האורך שנגרמת על ידי יחידת כח.

C תלוי בשטח החתך של הקפיץ. מאורך נתון, ככל שניצור שטח חתך קטן יותר נקבל קפיץ עם C קטן יותר (וקבוע קפיץ גדול יותר).

מעבדת חקר - ניסוי ב' - קבוע הזמן של פריקת קבל

5. הגרף של המתח על הקבל כפונקציה של הזמן, בתהליך הפריקה נראה באופן איכותי כך:



זהו גרף המתואר במשוואה: $V = V_0 \cdot e^{-t/RC}$

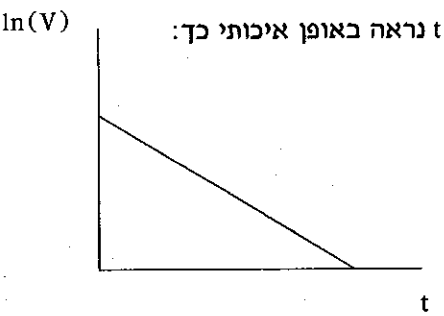
7. אם נוציא ln משני אגפי המשוואה נקבל:

$$\ln(V) = \ln(V_0 \cdot e^{-t/RC}) = \ln(V_0) + \ln(e^{-t/RC}) = \ln(V_0) - \frac{t}{RC}$$

אם נשרטט גרף של $\ln(V)$ כפונקציה של t נקבל קו ישר.

שיפוע הקו הוא: $-\frac{1}{RC}$

הגרף של $\ln(V)$ כפונקציה של t נראה באופן איכותי כך:



8. קבוע הזמן של המעגל הוא מכפלת קיבול הקבל בהתנגדות הכוללת של המעגל. התנגדות זו היא ההתנגדות השקולה של הנגד R ושל התנגדויות נוספות כמו ההתנגדויות של החוטים ונקודות החיבור. (אין כאן התנגדות פנימית של מקור המתח בזמן הפירוק כי מקור המתח לא מחובר)

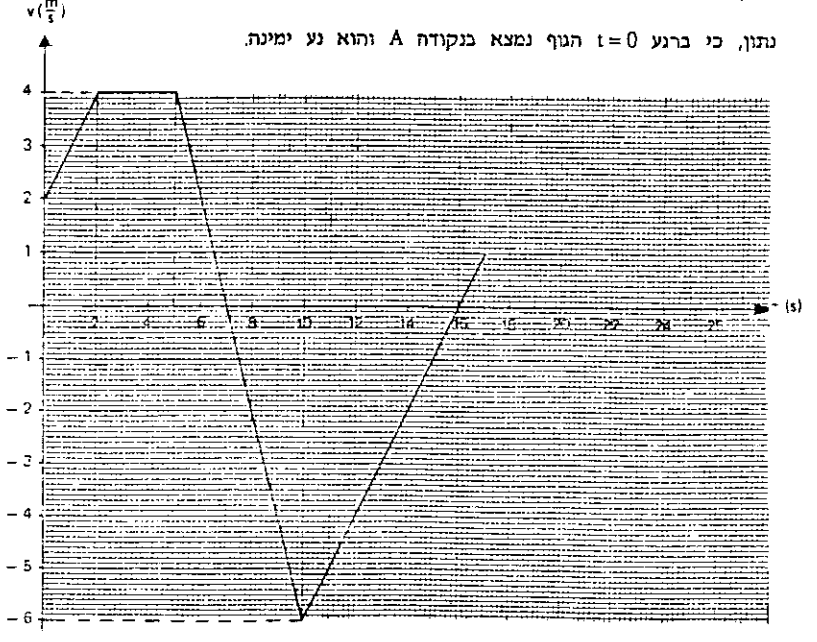
9. אם נוציא את הנגד R תהיה התנגדות המעגל קטנה בהרבה, והפירוק יהיה קצר מאד (קבוע זמן קטן). אי אפשר לכן למדוד את הזמנים.

בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1988

חלק א' - מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 5 - 1.

1. הגרף שבתרשים מתאר את המהירות v של גוף הנע בקו ישר, כפונקציה של הזמן t.
נתון, כי ברגע $t=0$ הגוף נמצא בנקודה A והוא נע ימינה.



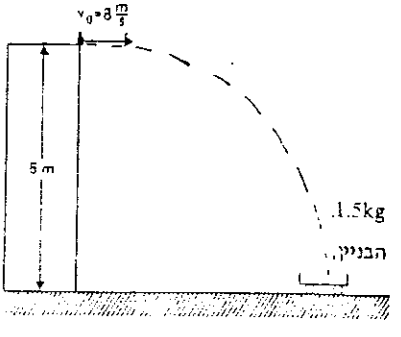
א. סרטט גרף של התאוצה a כפונקציה של הזמן t, עבור 17 השניות הראשונות לתנועת הגוף. (4 נקודות)

ב. באיזה זמן יימצא הגוף במרחק המקסימלי ימינה ל A? נמק. (2 נקודות)

ג. מהו המרחק המקסימלי ימינה ל A, שאליו מגיע הגוף? (2 נקודות)

ד. באיזה זמן יימצא הגוף במרחקו המקסימלי שמאלה ל A? מהו מרחק זה?

2. מגג בניין, שגובהו 5m מעל המישור האופקי (ראה תרשים), נזרק גוש פלסטלינה שמסתו 0.5kg בכיוון אופקי, במהירות $v_0 = 8\ \frac{m}{s}$.



גוש הפלסטלינה פגע בקרונית ונדבק אליה. הקרונית היתה במנוחה לפני ההתנגשות ומסתה 1.5kg. הנח, כי גובה הקרונית קטן מאד ביחס לגובה הבניין, והזנח את התנגדות האויר.

חשב

א. את המרחק שבין רגלי הבנייין לבין נקודת הפגיעה בקרונית. (2 נקודות)

ב. את המהירות (גודל וכיוון) שבה פגע גוש הפלסטלינה בקרונית. (3 נקודות)

ג. את המהירות המשותפת (של גוש הפלסטלינה והקרונית) מיד לאחר ההתנגשות. (3 נקודות)

ד. את המרחק שעברה הקרונית עד שנעצרה.

נתון, כי מקדם החיכוך בין הקרונית והמשטח האופקי הוא 0.2. (4 נקודות)

3. על מדרון תלול שזוית שיפועו θ, מונח גוף A, שמסתו m_1.

על הגוף A מונח גוף B, שמסתו m_2.

מקדם החיכוך (הסטטי) בין גוף A

לבין גוף B הוא μ.

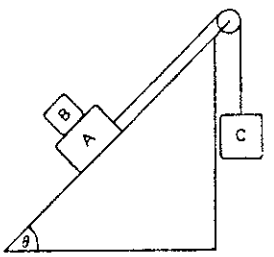
הגוף A קשור, באמצעות חוט העובר סביב גלגלת,

לגוף C (ראה תרשים).

מסת הגוף C היא המסה המרבית האפשרית,

כדי שהגוף B יעלה יחד עם הגוף A במעלה

המדרון. מסת החוט והחיכוך בגלגלת ניתנים להזנחה.

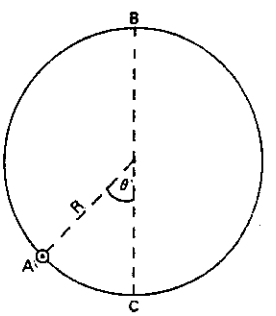


א. סרטט כל אחד משלושת הגופים בנפרד, וציין בסרטוט את כל הכוחות הפועלים עליו. (4 נקודות)

ב. מצא את גודלה של התאוצה a. (4 נקודות)

ג. מצא את גודלה של מסת הגוף C. (4 נקודות)

4. על חישוק אנכי ברדיוס R מושחל חרוז קטן. החרוז יכול לנוע על-גבי החישוק ללא חיכוך. מרימים את החרוז לנקודה A ומרפים ממנו (ראה תרשים).



א. מהו אופי תנועת החרוז (תנועה קצובה, שווה-תאוצה, בתאוצה משתנה) כאשר הזוית θ גדולה נמק. (4 נקודות)

ב. כמה זמן דרוש לחרוז כדי לבצע תנודה שלמה, כשהזוית θ קטנה (בטא את תשובתך באמצעות R.) (4 נקודות)

ג. נתון שרדיוס החישוק $R = 30cm$. החרוז עולה לנקודה A כך ש $\theta = 30^\circ$. אין תנועה יחסית בין החרוז לחישוק. באיזו מהירות זוית, ω, מסובבים את החישוק סביב צירו האנכי, BC? (4 נקודות)

5. א. מצא ביטוי עבור האנרגיה הדרושה להעלות חללית מסה שיגור, הנמצא על-פני כדור-הארץ, למסלול מעגלי סביב כדור-הארץ.

בטא תשובתך באמצעות:

m - מסת החללית.

R - רדיוס כדור-הארץ.

r - רדיוס מסלול החללית הנעה מסביב לכדור-הארץ.

g - תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור-הארץ.

הוכח, בסעיף א' בלבד, את סיבוב כדור-הארץ סביב צירו. (5 נקודות)

ב. תחנת חלל, המשמשת כלוויין תקשורת, מקיפה את כדור-הארץ במישורו של קו-המשווה, ונשארת תמיד מעל אותה נקודה על-פני כדור-הארץ.

באיזה גובה מעל-פני כדור-הארץ תימצא תחנת החלל?

(בטא תשובתך בק"מ.) (7 נקודות)

חלק ב' – שאלון השלמה

עליך לענות על חמש משמונה השאלות 13 – 6.

6. כאשר מטילים אלומת אור על דופן של מנסרה משולשת העשויה זכוכית מבחינים בכך שהאור היוצא מן המנסרה מתפצל לצבעים, ואילו כאשר אור לבן פוגע בטבלת זכוכית (למשל בחלון), אין מבחינים בצבעים. הסבר. (5 נקודות)

7. א. הסבר כיצד מסתגלת העין בתחום הראייה הברורה, וכיצד היא מתאימה את עצמה לראייה במרחקים השונים. (3 נקודות)

ב. אדם קצר-רואי אינו מסוגל לראות באופן ברור למרחק העולה על 50 ס"מ מעינו.

מה עצמת עדשת המשקפיים, שבעזרתה יראה אדם קצר-רואי כזה עצמים רחוקים מאודו (2 נקודות)

8. התרשים מתאר אמבט גלים ובו מים.

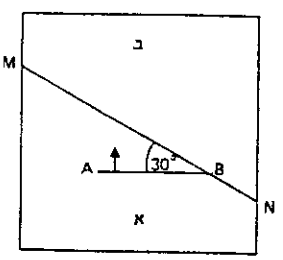
אמבט הגלים מחולק לשני תווכים: א ו ב, שבהם עומק המים שונה (ולפיכך, גל ינוע במהירות שונה בכל אחד מהתווכים).

MN הוא קו ההפרדה בין שני התווכים.

הקטע AB מתאר חזית גל ברגע מסוים.

מהירות הגל בתווך א היא: $v_1 = 12\frac{cm}{s}$

מהירות הגל בתווך ב היא: $v_2 = 10\frac{cm}{s}$

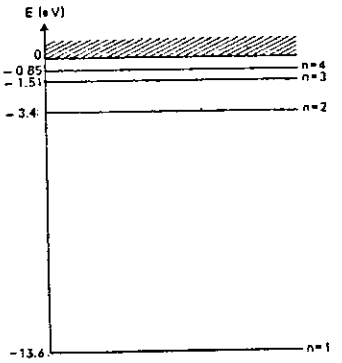


א. העתק את התרשים למחברתך, והוסף בו את חזית הגל הנשבר, ברגע שהנקודה A הגיעה לקו הגבול בין שני התווכים, MN. (3 נקודות)

ב. ציין על התרשים שבמחברתך את זוית השבירה, וחשב אותה. (2 נקודות)

9. א. במה דומים ובמה שונים האיזוטופים של אותו יסוד? (2 נקודות)

ב. תאר, בקיצור, שיטה להפרדה בין איזוטופים. (3 נקודות)



10. אלקטרונים פוגעים באטומי מימן הנמצאים ברמת היסוד (n = 1), וכתוצאה מכך חלק מאטומים אלה מעוררים לרמה השלישית (n = 3). התרשים מתאר סכמה של רמות אנרגיה אחדות של אטום מימן.

א. כמה קווים ספקטרליים מהווים את הספקטרום המתקבל מהאטומים המעוררים האלה? צייר את המעברים בין רמות האנרגיה, המתאימים לקווים הספקטרליים הללו. (3 נקודות)

ב. לאיזה מעבר מתאים אורך הגל הקצר ביותר? (2 נקודות)

11. "המודל הפלנטרי" של האטום הוא המודל, אשר לפיו אלקטרונים סובבים סביב הגרעין בדומה לכוכבי הלכת הסובבים סביב השמש.

א. ציין שני חוקים של הפיסיקה הקלאסית (או עובדות ניסוניות), העומדים בסתירה למודל זה. (3 נקודות)

ב. מה הן ה"הנחות של בוֹר", וכיצד הן מיישבות סתירה זו? (2 נקודות)

12. כדור נזרק אנכית כלפי מעלה וחוזר למקום מוצאו. כאשר מזניחים את התנגדות האויר, זמן עלייתו של הכדור שווה לזמן נפילתו.

האם, כאשר כן מתחשבים בהתנגדות האויר, זמן העלייה קטן, גדול או שווה לזמן הנפילה? נמק (מותר לך להניח, שהתנגדות האויר קבועה). (5 נקודות)

13. מדוע מנוע חשמלי מתחמם יותר כאשר הוא עמוס? הסבר. (5 נקודות)

חלק ג' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 18 - 14.

14. כדי למדוד את הקיבול של אלקטרומטר, טוענים אותו עד לפוטנציאל של 1350V. אחרי כן, מחברים אותו על-ידי חוט דק וארוך אל כדור מתכת מבודד ובלתי טעון, בעל רדיוס 3cm. כתוצאה מכך, יורד פוטנציאל האלקטרומטר ל- 900V.

א. חשב את קיבול האלקטרומטר. (5 נקודות)

ב. חשב את המטען החשמלי על האלקטרומטר:

(1) לפני החיבור אל הכדור.

(2) אחרי החיבור אל הכדור. (7 נקודות)

15.

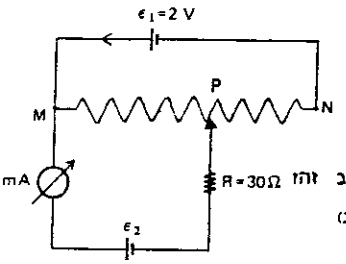
אל מקור מתח מחוברים בטור: נורה ונגד משתנה (ריאוסטט). הנגד מכוון ל- 12Ω והנורה מאירה בעצמה מסוימת. במקביל לנורה מחברים נורה שנייה, זהה לראשונה, ומתברר שיש לשנות את התנגדות הנגד ל-5Ω. על-מנת שהנורה הראשונה תמשיך להאיר באותה עצמה.

א. מהי ההתנגדות הפנימית של מקור המתח? (7 נקודות)

ב. כמה נורות זהות ניתן לחבר, לכל היותר, במקביל לנורה הראשונה, מבלי שיחול שינוי בעצמת האור הנפלט ממנה? (5 נקודות)

16. במעגל המתואר בתרשים, MN הוא תיל אחיד שהתנגדותו 20Ω ואורכו 1m. כאשר המגע הנייד P נמצא במרחק 60cm מ- M, המיליאמפרמטר מראה על זרם 0.

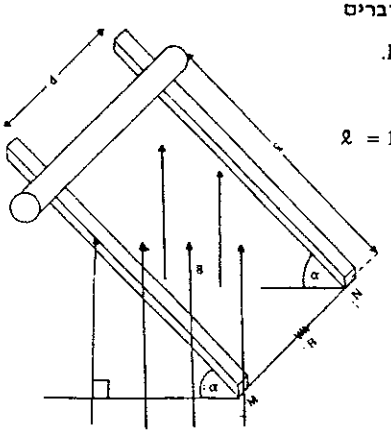
הזנח את ההתנגדויות הפנימיות של מקורות המתח ואת התנגדות המיליאמפרמטר.



א. מהו הכא"מ ε_2, ומהו המתח על הנגד R? (6 נקודות)

ב. מזיזים את המגע הנייד P לנקודה הנמצאת במרחק 50cm מ- M. איזה זרם יזרום דרך המיליאמפרמטר במצב זה? מה יהיה עתה המתח על הנגד R? (6 נקודות)

17. מוט נחושת מחליק במהירות קבועה $v = 50\ \frac{m}{s}$ לאורך שני פסי מתכת מוליכים ומקבילים, הנטויים בזוית $\alpha = 30°$ עם המישור האופקי (ראה תרשים).



המרחק בין הפסים הוא $d = 0.6m$, והם מחוברים ביניהם באמצעות נגד שהתנגדותו $R = 0.05\Omega$. ההתנגדות החשמלית של המוט ושל הפסים זניחה. ברגע $t = 0$, נמצא המוט במרחק $\ell = 1.6m$ מן הנגד.

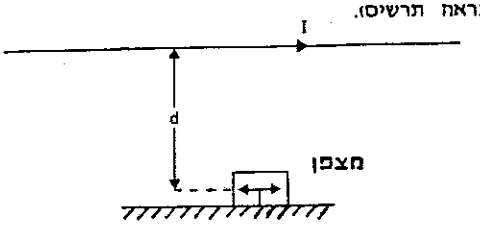
כל המערכת מצויה בתוך שדה מגנטי אחיד, שעוצמתו $B = 0.08\ T$ וכיוונו כלפי מעלה (במאונך למישור האופקי).

א. כתוב נוסחה לשטף המגנטי Φ, התחום על-ידי המוט, הפסים והנגד, כפונקציה של הזמן t.

ב. מהי עצמת הזרם המושרה (גודל וכיוון) בנגד R?

ג. מהו הכוח (גודל וכיוון), שמפעיל השדה המגנטי על מוט הנחושת הנע?

18. מצפן מונח על שולחן אופקי. בגובה d מעל מחט המצפן נמצא תיל ישר וארוך מאוד, המקביל למחט המצפן (ראה תרשים).



כאשר מזרימים זרם קבוע, I = 3A, דרך התיל, סוטה מחט המצפן בזוית θ. משנים את הגובה d, ומודדים את הזוית θ.

לפניך טבלת תוצאות הניסוי:

d (מטר) :	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
θ (מעלות) :	51	40	32	27	23

א. סרטט גרף של ctg θ כפונקציה של d. (3 נקודות)

ב. חשב, עפ"י הגרף שסרטטת, את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור-הארץ. (5 נקודות)

ג. מחזירים את התיל העליון למרחק d=0.04m, ומותחים במקביל אליו ובמרחק של 0.04m מתחת למצפן, תיל שני ארוך מאוד.

בכל אחד מהתיילים זורם זרם של 3A באותו כיוון. מה תהיה, במקרה זה, זוית הסטייה של מחט המצפן? נמק. (4 נקודות)

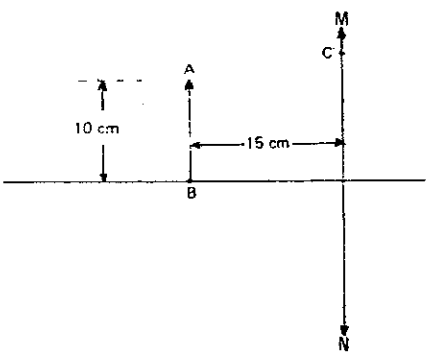
חלק ד' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

19. עצם מאיר - AB, שגובהו 10cm, ניצב על הציר האופטי במרחק 15cm מעדשה, מרכזת דקה, MN, שמרחק המוקד שלה הוא 20cm (ראה תרשים).

נתון: MN = 30cm.



א. חשב את: 1. עצמת העדשה.
2. מרחק הדמות מן העדשה.
3. גובה הדמות. (15 נקודות)

ב. העתק את התרשים למחברתך ובנה, לפי קנה מידה של 5:1 , את דמות העצם, על-ידי סרטוט של מהלכי קרניים מתאימות. (10 נקודות)

ג. העתק שנית את התרשים למחברתך, הוסף בו את הדמות (כפי שמצאת בסעיף ב') וסרטט את מהלכה של קרן אור היוצאת מהנקודה A (ראש העצם), והעוברת את העדשה בנקודה C. C היא נקודה על העדשה, שמרחקה מן הציר האופטי הוא 12.5cm.
הסבר, כיצד קבעת את בינון התפשטותה של קרן האור לאחר שהיא עברה דרך העדשה. (15 נקודות)

ד. האם ניתן לראות את הדמות?
אם כן, העתק שוב את התרשים למחברתך, הוסף בו את הדמות (כפי שמצאת בסעיף ב'), ותחום את האזור, שממנו ניתן לראות את הדמות בשלמותה. אם לא - נמק. (10 נקודות)

20. שני כדורים "רועדים" טובלים באמבט גלים, ומשמשים כשני מקורות נקודתיים לגלים מעגליים. המרחק בין המקורות הוא d.
כל אחד מן הכדורים "רועד" במחזוריות.

א. מה הם התנאים לכך, שבאמבט תיווצר תבנית התאבכות המאופיינת על-ידי קווי צומת הקבועים במקומם? (10 נקודות)

ענה על השאלות הבאות, בהנחה שהתנאים המבוקשים בסעיף א' מתקיימים.

ב. מהו התנאי לכך, שהאנך האמצעי לקטע המחבר את שני המקורות יהיה קו צומת? הסבר. (10 נקודות)

ג. כיצד ניתן לשנות את מספר קווי הצומת הנוצרים? הסבר. (15 נקודות)

ד. מתברר, כי במרחק L (L>>d) מן המקורות מתקבל קו הצומת הראשון במרחק x=0.008L מהאנך האמצעי. מהו הבדל המופע בין המקורות, אם נתון: λ = 0.02 d ? (15 נקודות)

$d = \frac{\lambda}{0.02}$

פרק שני - פיסיקה מודרנית

21. למתכת, שממנה עשויה הקתודה בתא פוטואלקטרי, יש פונקציית עבודה לאנרגיית קשר של 2.4eV.

א. מהו אורך הגל הארוך ביותר, שיכול לגרום לפליטת אלקטרונים ממתכת זו? (13 נקודות)

ב. מה תהיה האנרגיה המקסימלית של האלקטרונים שייפלטו, אם אורך הגל ש ל האור המוקרן הוא 3000Å ? (12 נקודות)

ג. מהי המהירות של אלקטרונים אלה? (13 נקודות)

ד. סרטט גרף המתאר את הקשר בין המתח העוצר לאורך הגל הפוגע בקתודה (אין צורך לסמן ערכים מספריים לאורך הצירים). (12 נקודות)

22.

א. התבסס על מודל האטום של בוהר, וצייר בצורה סכמטית את 4 רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן.
חשב ורשום ליד כל רמת אנרגיה את האנרגיה המתאימה ביחידות של אלקטרון-וולט. (10 נקודות)

ב. אלומת אלקטרונים בעלי אנרגיה של 12.5eV פוגעת באטומי מימן, ברמת היסוד. מהי רמת האנרגיה המקסימלית שיעוררו אלקטרונים אלה? נמק. (15 נקודות)

ג. מה מספר הקווים הספקטרליים המהווים את הספקטרום המתקבל מהאטומים המעוררים האלה? צייר את המעברים בין רמות האנרגיה המתאימות לקווים ספקטרליים אלה. (10 נקודות)

ד. לאיזה מעבר מתאים אורך הגל <u>הקצר ביותר</u> חשב אורך גל זה. (15 נקודות)

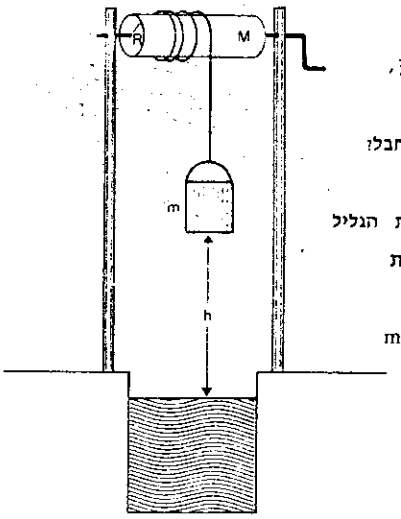
פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

23.

א. מהו התנאי ההכרחי לכך, שכדור הנעזב ממנוחה על-פני מישור משופע יתגלגל ולא יחליק? נמק. (10 נקודות)

ב. מקדם החיכוך בין כדור למשטח הוא $\mu = 0.3$ מהי זוית השיפוע המקסימלית של המשטח, שבה יתגלגל הכדור ללא החלקה? (40 נקודות)

24. מתקן להעלאת מים מתוך באר מורכב מגליל מלא שמסתו M ורדיוסו R, המסתובב על ציר אופקי חסר חיכוך. חבל - שמסתו זניחה, כרוך על הגליל, ודלי - שמסתו m, תלוי בקצהו (ראה תרשים).



משחררים את הדלי ממצב מנוחה, בגובה h מעל פני המים בבאר. כשהדלי מגיע לגובה $\frac{1}{2}h$, נקרע החבל.

א. כמה זמן לאחר שחרור הדלי נקרע החבל? (25 נקודות)

ב. לאחר שהדלי ניתק מהחבל, בולמים את הגליל המסתובב. מהי כמות החום המשתחררת כתוצאה מכך? (25 נקודות)

בטא את תשובותיך בעזרת הנתונים: m, R, M, h ובעזרת תאוצת הנפילה החופשית g.

הזנח בשאלה זו כוחות חיכוך עם האויר.

פרק רביעי - זרם חילופין

25. א. כדי להפעיל נורה של 60W / 120V בעזרת מקור מתח חילופין של 240V, מחברים לנורה סליל. תדירות מקור המתח היא: f = 50Hz, והתנגדות הסליל-זניחה.

מהי ההשראות L של הסלילו? (20 נקודות)

ב. ניתן להפעיל את הנורה בעזרת מקור מתח זה, על-ידי כך שיחברו אליה:

(1) קבל מתאים. סרטט את המעגל המתאים וחשב את קיבול הקבל.

(2) נגד מתאים. סרטט את המעגל המתאים וחשב את התנגדות הנגד.

(30 נקודות)

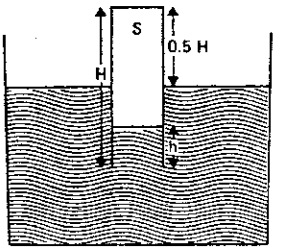
26. המתח של ספק זרם חילופין הוא: V = 600V, והתדירות הזוויתית של המתח היא: $\omega = 500\ \frac{rad}{s}$. אל הספק מחוברים בטור נגד שהתנגדותו: $R = 12\Omega$, קבל שקיבולו: $C=50\mu F$ וסליל שהתנגדותו זניחה, שניתן לשנות את השראותו בתחום שבין 10mH ל 120mH.

מטעמי בטיחות, אסור שמתח השיא בין לוחות הקבל יעלה על 1200V.

א. מהו הזרם המקסימלי שיכול לזרום במעגל? (25 נקודות)

ב. מהם הערכים, שמותר לכוון אליהם את ההשראות של הסליל? (25 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים



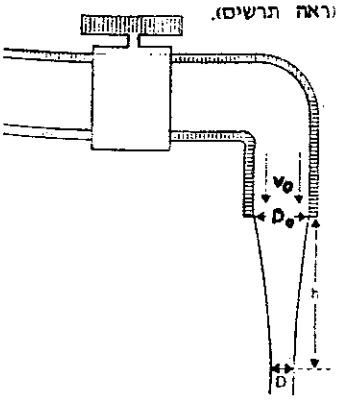
27. משורה גלילית, שגובהה H ושטח חתכה הפנימי S, מוכנסת לתוך קערה המכילה כספית, כשפתחה מופנה כלפי מטה.
כאשר מחצית מנפח המשורה נמצא מתחת לפני הכספית, חודרת לתוכה כספית המגיעה לגובה h = 0.1H מעל פתחי המשורה (ראה תרשים).
לחץ האויר מעל פני הכספית בקערה הוא 75.6 ס"מ כספית.

א. מהו הגובה H של המשורה? (הנח, שטמפרטורת האויר והכספית לא השתנתה בשעת הכנסת המשורה) (20 נקודות)

ב. הטמפרטורה של האויר ושל הכספית היא 27°C.
עד לאיזו טמפרטורה צריכים לחמם את האויר הכלוא במשורה הזו, כדי שכל הכספית שחדרה לתוכה תצא ממנה?
(הזנח את לחץ האדים של הכספית) (20 נקודות)

ג. האם הטמפרטורה שחישבת בחלק ב' היתה משתנה (גדלה או קטנה), אילו לחץ אדי הכספית לא היה זניח? נמק את תשובתך. (10 נקודות)

28. זרם מים יוצא במהירות v_0 מצינור אנכי שקוטרו הפנימי Do. הזרם יוצר סילון שקוטרו הולך וקטן ככל שגדל המרחק מפתח הצינור (ראה תרשים).



א. פתח נוסחה שתבטא את הקשר בין קוטר הסילון D, ובין המרחק h, מפתח הצינור (כאשר v_0 ו- Do נתונים).
(25 נקודות)

ב. בעזרת הנוסחה שפיתחת בחלק א', חשב את המהירות v_0 שבה יוצאים המים מצינור אנכי, כאשר ידוע כי במרחק 15 ס"מ מפתח הצינור קוטר סילון המים שווה למחצית קוטרו הפנימי של הצינור.
(25 נקודות)

מבחן מעבדה במתכונת unseen – קיץ תשמ"ח

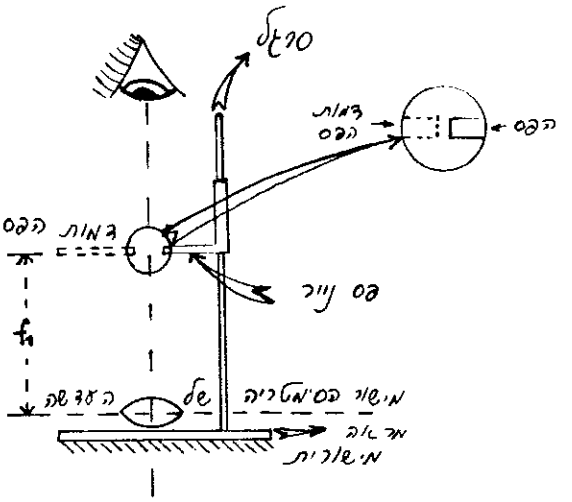
ניסוי מס' 1: איתור דמויות במערכת עדשות ומראה מישורית

חלק א: ביצוע הניסוי ורישום תוצאות המדידות (50 נקודות)

1. הצב את הסרגל בצורה זקופה בעזרת כן (סטטיב) ואוחז מתאימים.

2. הנח על השולחן את המראה (הצד המחזיר כלפי מעלה) ועליה את העדשה. העמד את הסרגל כך שקצה פס הנייר יהיה בערך על הציר האופטי של העדשה.

3. הבט מלמעלה, לאורך הציר האופטי, **והזז את הפס עד שתראה את דמות הפס ברוחב הפס ובהמשכו** (ראה תרשים).



הזז את הראש, במידת מה שמאלה וימינה מהציר האופטי, ושים לב שהפס ודמותו נשארים צמודים. מצב זה ידוע בשם "ראיה ללא פרלקסה".

4. מדוד את המרחק ממישור הסימטריה של העדשה ועד הפס ורשום את תוצאת מדידתך - **זהו רוחק המוקד f1 של העדשה.**

5. הורד את העדשה מהמראה וטפטף על פני המראה טיפות של הנוזל הנתון והחזר את העדשה למקומה. מתחת לעדשה, וצמודה לה, נוצרת **'עדשת נוזל'**.

6. מדוד בדרך הנ"ל (3 ו-4) את **רוחק המוקד, f, של "צמד העדשות"**. רשום את התוצאה.

חלק ב': עיבוד תוצאות, חישובים ומסקנות (50 נקודות)

7. העדשה שברשותך היא עדשה סימטרית, כלומר שני המשטחים הכדוריים שלה הם בעלי רדיוסי עקמומיות שווים.
השתמש בנוסחת לוטשי העדשות: $\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$
וברוחק המוקד f1 של העדשה שמדדת, כדי לחשב את רדיוס העקמומיות R_1 של העדשה; הנח כי מקדם השבירה של חומר העדשה הוא $n_1=1.5$.

8. חשב את רוחק המוקד, f2, של "עדשת הנוזל" לפי הנוסחה
$$\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}$$

9. מהם רדיוסי העקומיות של עדשת הנוזל? נמק את תשובתך.

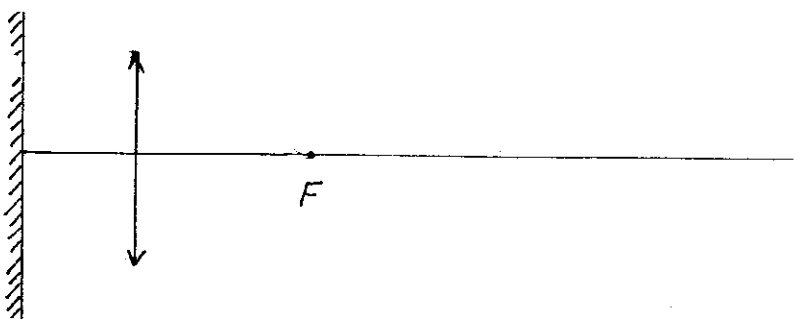
10. חשב את מקדם השבירה n_2 של הנוזל.

11. האם הדמות של הפס ממשית או מדומה? נמק.

12. האם עדשת הנוזל היא עדשה מרכזת או מפזרת? נמק.

חלק ג': שאלת רשות (10 נקודות)

13. במוקד של עדשה מרכזת נמצא עצם מאיר נקודתי. במקביל לעדשה נמצאת מראה מישורית (ראה תרשים).
היכן תהיה הדמות של העצם המאיר? הסבר בעזרת סרטוט מתאים של מהלך קרני אור.



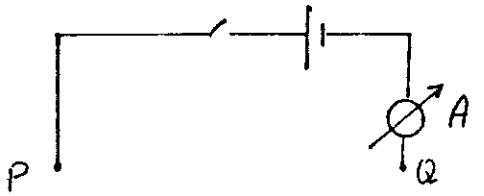
מבחן מעבדה בפיסיקה במתכונת unseen – קיץ תשמ"ח

ניסוי מס' 2: מדידות במעגל חשמלי טורי

חלק א': ביצוע הניסוי ורישום תוצאות המדידות (40 נקודות)

לרשותך סוללה (בתוך בית סוללות), אמפרמטר, מוליך B שאורכו כ-1 מטר, נגד X, מפסק (לא הכרחי), תיילי חבור, 2 מצבטי תנין וסרגל.
רשום במחברתך את התנגדות המוליך B ביחידה **אום למטר** (נתון זה יימסר בתחילת הבחינה ע"י המורה)

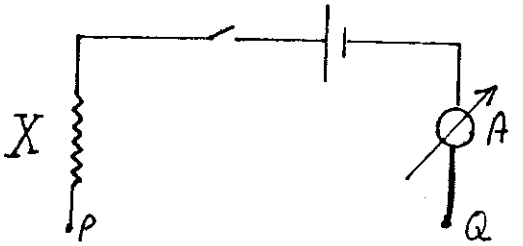
1. חבר את הרכיבים כמתואר בתרשים.



2. בין הנקודות P ו-Q חבר **אורכים שונים** של המוליך B ורשום את אורך המוליך ואת הזרם בכל מדידה. בצע מדידות עם ארבעה אורכים שונים לפחות.
שים לב! בכל מדידה סגור את המעגל לזמן קצר בלבד - זמן שיאפשר לך לקרוא בבירור את הוראת האמפרמטר.

3. הכן טבלה ובה:
d, אורך קטע המוליך B שדרכו עובר זרם.
R, ההתנגדות של קטע מוליך זה.
I, עוצמת הזרם במעגל.
1/I, הערך ההופכי של עוצמת הזרם.

4. הוסף למעגל את הנגד X (ראה תרשים)



5. חזור על המדידות כמו בסעיף 2 לעיל, ורשום את התוצאות **בטבלה שנייה** (בדומה לטבלה בסעיף 3 לעיל).

חלק ב': עיבוד תוצאות, חישובים ומסקנות (60 נקודות)

6. סרטט גרף של 1/I כפונקציה של R לפי הנתונים **בטבלה הראשונה** (לפני שהנך קובע את צירי הגרף, קרא את ההוראה מס' 8).
סרטט את **הקו הישר** המתאים ביותר העובר בין הנקודות.

7.

א. קבע ורשום את שיפוע הגרף. מהו הגודל הפיסיקלי המיוצג ע"י שיפוע זה?

ב. המשך את הגרף הישר עד **שיחתוך** את ציר ה-R.
איזה גודל פיסיקלי מיוצג ע"י נקודת חיתוך זו?
סמן בגרף את נקודת החיתוך באות K ורשום את ערכו של K.

ג. רשום נוסחה מתמטית המראה את הקשר בין R, K ו-1/I.

8. סרטט על **מערכת הצירים הקודמת גרף נוסף** המתאר את הקשר בין 1/I כפונקציה של R לפי הנתונים **בטבלה השנייה**.

9. עפ"י הגרף השני, ובעזרת נתונים אחרים שברשותך, מצא את התנגדותו של הנגד X.

חלק ג': שאלת רשות (10 נקודות)

בהוראה שבסעיף 2 לעיל, כתוב שעליך לסגור את המעגל "לזמן קצר בלבד". מנה לפחות שתי סיבות להוראה זו. הסבר.

תשובות סופיות - מבחן 1988

1. ב. $t = 7\ sec$ ג. $X = 22\ m$ ד. $5\ m$ שמאלה

2. א. $X = 8\ m$ ב. $51^o20'$ $v = 12.8\ \frac{m}{sec}$

ג. $v = 2\ \frac{m}{sec}$ ד. $X = 1\ m$

3. ב. $a = g\cdot[\mu\cdot\cos(\theta) - \sin(\theta)]$ ג. $m_C = \frac{(m_A+m_B)\cdot\mu\cdot\cos(\theta)}{1-\mu\cdot\cos(\theta)+\sin(\theta)}$

4. א. תאוצה משתנה. ב. $T = 2\pi\cdot\sqrt{\frac{R}{g}}$ ג. $\omega = 6.2\ \frac{rad}{sec}$

5. א. $E_K = mgR\cdot\left(1 - \frac{R}{2\cdot r}\right)$ ב. $h = 3.6\cdot10^7\ m$

7. ב. $D = -2\ D$

8. ב. $\theta = 24^o37'$

9. א. איזוטופים דומים במספר הפרוטונים ושונים במספר הנויטרונים.
ב. ניתן להפריד בין איזוטופים בספקטוגרף מסות.

10. א. שלושה קווים ספקטרליים. ב. המעבר $n=3 \Rightarrow n=1$

11. א. מטען חשמלי בתאוצה פולט אנרגיה. ספקטרום הפליטה אמור להיות רציף.

ב. קיום מסלולים מיוחדים בהם האלקטרון לא פולט קרינה. המעבר ממסלול למסלול כרוך בפליטת אנרגיה בדידה.

12. זמן התנועה כלפי מטה ארוך יותר.

13. הזרם המושרה קטן יותר ולכן הזרם הכללי גדול יותר.

14. א. $C = 6.67\cdot10^{-12}\ F$ ב. $Q_1 = 9\cdot10^{-9}\ C\ ;\ Q_2 = 6\cdot10^{-9}\ C$

15. א. $r = 2\ \Omega$ ב. 6 נורות

16. א. מקור המתח $1.2\ V$. על הנגד המתח אפס.

ב. $I = 5.7\ mA$ $V = 0.171\ V$

17. א. $\Phi_B = 0.0665 - 2.078 \cdot t$ ב. $I = 41.57\ A$

ג. $F = 1.995\ N$ מקביל לרצפה

18. ב. $B = 2.32 \cdot 10^{-5}\ T$ ג. הסטייה היא אפס

19. א. 1) $D = 5D$ 2) $v = -60\ cm$ 3) $y = 40\ cm$

20. א. התדירות והמשרעת זהות. ב. הפרש מופע של π ד. -0.1

21. א. $\lambda = 5179\ \text{Å}$ ב. $E = 1.74\ eV$ ג. $v = 7.83 \cdot 10^5\ \frac{m}{sec}$

22. ב. $n=3$ ג. 3 ד. $\lambda = 1028\ \text{Å}$ $n=3 \Rightarrow n=1$

23. ב. $\alpha = 46^o 24'$

24. א. $t = \sqrt{\frac{h \cdot (M + 2m)}{2 \cdot g \cdot m}}$ ב. $E = \frac{m \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot (M + 2m)}$

25. א. $L = 1.32\ H$ ב. $C = 7.66 \cdot 10^{-6}\ F$; $R = 240\ \Omega$

26. א. $I = 30\ A$ ב. $10\ mH < L < 48\ mH$ או $112\ mH < L < 120\ mH$

27. א. $H = 21\ cm$ ב. $T = 68.7^oC$ ג. הטמפרטורה קטנה

28. א. $D = D_o \cdot \left(\frac{v_o^2}{v_o^2 + 2gh} \right)^{1/4}$ ב. $v = 0.447\ \frac{m}{sec}$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. בחלק הראשון של התנועה, הנתונים הם:

$$v_0 = 2\ \frac{m}{sec}\ ;\ v_t = 4\frac{m}{sec}\ ;\ t = 2\ sec$$

$$v_t = v_0 + a\cdot t$$

נשתמש בנוסחה:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{4-2}{2} = 1\ \frac{m}{sec^2}$$

בחלק השני של התנועה המהירות קבועה כך שהתאוצה שווה לאפס.

בחלק השלישי של התנועה, הנתונים הם:

$$v_0 = 4\frac{m}{sec}\ ;\ v_t = -6\frac{m}{sec}\ ;\ t = 5\ sec$$

ולכן:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{-6-4}{5} = -2\ \frac{m}{sec^2}$$

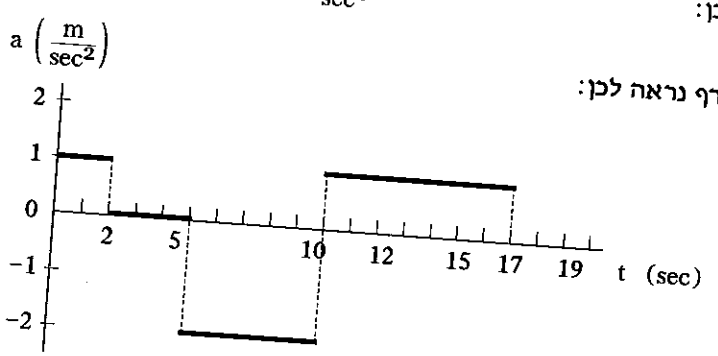
בחלק הרביעי של התנועה, הנתונים הם:

$$v_0 = -6\frac{m}{sec}\ ;\ v_t = 1\frac{m}{sec}\ ;\ t = 7\ sec$$

ולכן:

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} = \frac{1-(-6)}{7} = 1\ \frac{m}{sec^2}$$

הגרף נראה לכן:



ב. כל זמן שהמהירות חיובית הגוף מתקדם ימינה. לאחר 7 sec הופכת המהירות שלילית והגוף מתחיל להתקרב שוב לנקודה A.

ג. המרחק שעבר הגוף ב- 7 השניות מורכב משלושה חלקים. נשתמש בנוסחה:

$$X = \frac{v_0 + v_t}{2}\cdot t$$

$$X = X_1 + X_2 + X_3 = \frac{2+4}{2}\cdot 2 + \frac{4+4}{2}\cdot 3 + \frac{4+0}{2}\cdot 2 = 22\ m$$

ד. כל זמן שהמהירות שלילית הגוף נע שמאלה. במשך הזמן הוא עובר את הנקודה A ומתרחק ממנה שמאלה. לאחר 16 sec כשהמהירות הופכת חיובית הגוף שוב נע ימינה והמרחק מתקצר כך שהמרחק המכסימלי הוא לאחר 16 sec .

מן השניה השביעית ועד השניה השש עשרה עובר הגוף מרחק של:

$$X = X_1 + X_2 = \frac{0 + -6}{2}\cdot 3 + \frac{-6 + 0}{2}\cdot 6 = -27\ m$$

מכיוון שלפני קטע זה הגוף היה 22 m ימינה, אז לאחר 16 sec הוא יהיה 5 m שמאלה.

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. זוהי זריקה אופקית. זמן התנועה נקבע על פי ציר ה- Y.

$$y = \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 \quad \Longrightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2\cdot y}{g}} = \sqrt{\frac{2\cdot 5}{10}} = 1\ sec$$

המרחק האופקי הוא: $X = v\cdot t = 8\cdot 1 = 8\ m$

ב. המהירות מורכבת משני רכיבים. המהירות בציר X לא משתנה:

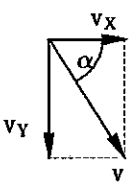
$$v_X = 8\frac{m}{sec}$$

המהירות בציר Y היא: $v_Y = g\cdot t = 10\cdot 1 = 10\frac{m}{sec}$

גודל המהירות השקולה הוא: $v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2} = \sqrt{8^2 + 10^2} = 12.8\frac{m}{sec}$

כיוון המהירות הוא: $tg(\alpha) = \frac{v_Y}{v_X} = \frac{10}{8} = 1.25$

$\alpha = 51^0 20'$



ג. ההתנגשות היא בציר ה- X (בציר Y אין שימור אנרגיה כי הריצפה מפעילה כח חיצוני. המהירות של גוש הפלסטלינה בציר ה- X היא $8\frac{m}{sec}$ כל הזמן.

חוק שימור התנע בהתנגשות פלסטית:

$$m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2 = (m_1 + m_2)\cdot U \quad \Longrightarrow \quad U = \frac{m_1\cdot v_1 + m_2\cdot v_2}{m_1 + m_2}$$

נציב את הגוש בתור m_1 והקרונית בתור m_2:

$$U = \frac{0.5\cdot 8 + 1.5\cdot 0}{0.5 + 1.5} = 2\,\frac{m}{sec}$$

ד. נמצא את המרחק משיקולי אנרגיה. כל האנרגיה הקינטית הפכה לחום עקב עבודת כח החיכוך.

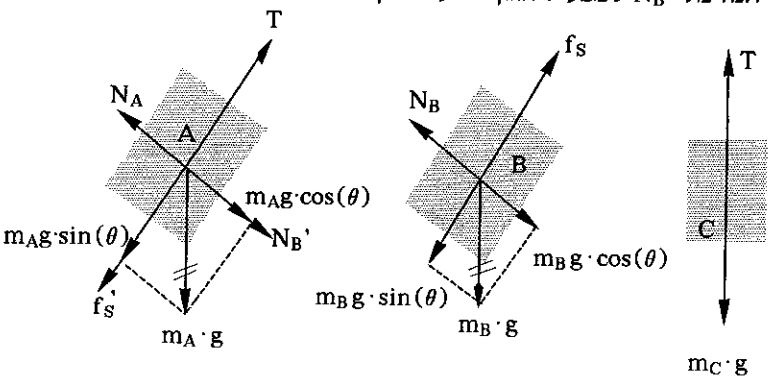
$$\Delta E = W_f$$

$$0 - \frac{1}{2}\cdot(m_1 + m_2)\cdot v^2 = f\cdot X\cdot\cos(180^0) = -\mu\cdot(m_1 + m_2)\cdot g\cdot X$$

$$X = \frac{v^2}{2\cdot\mu\cdot g} = \frac{2^2}{2\cdot 0.2\cdot 10} = 1\ m$$

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. כח החיכוך הפועל על הגוף B הוא כלפי מעלה אחרת לא היה הגוף עולה במעלה המישור המשופע. כח החיכוך על הגוף A הוא לכן למטה כי זהו כח תגובה.
על הגוף A לא פועל המשקל של B !! אלא פועל כח תגובה N_B' לכח הנורמלי N_B שמפעיל הגוף A על הגוף B.



ב. נרשום את משוואת הכוחות לגבי B: $\Sigma F = m\cdot a$

$$f_s - m_B\cdot g\cdot\sin(\theta) = m_B\cdot a \quad\Longrightarrow\quad \mu\cdot N_B - m_B\cdot g\cdot\sin(\theta) = m_B\cdot a$$

$$\mu\cdot m_B\cdot g\cdot\cos(\theta) - m_B\cdot g\cdot\sin(\theta) = m_B\cdot a$$

$$a = g\cdot[\mu\cdot\cos(\theta) - \sin(\theta)]$$

ג. נרשום את משוואת הכוחות לגבי גוף A:

$$T - f_S' - m_A g\cdot\sin(\theta) = m_A\cdot a$$

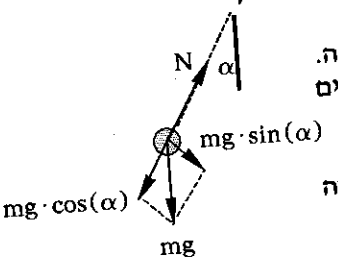
נרשום משוואת כוחות לגוף C: $m_C\cdot g - T = m_C\cdot a$

נבודד את m_C ונציב את T ואת a:

$$m_C = \frac{T}{g-a} = \frac{m_A \cdot g \cdot [\mu \cdot \cos(\theta) - \sin(\theta)] + m_A g \cdot \sin(\theta) + \mu \cdot m_B g \cdot \cos(\theta)}{g - g \cdot [\mu \cdot \cos(\theta) - \sin(\theta)]}$$

$$m_C = \frac{(m_A + m_B) \cdot \mu \cdot \cos(\theta)}{1 - \mu \cdot \cos(\theta) + \sin(\theta)}$$

פיתרון מספר 4 - מכניקה



א. החרוז נע בתנועה בעלת תאוצה משתנה. כדי להבין למה נסתכל על תרשים הכוחות.

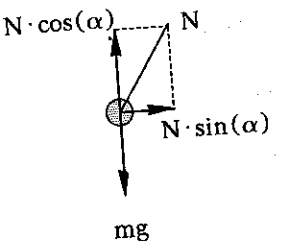
הכח $mg \cdot \sin(\alpha)$ מאיץ את החרוז בתאוצה משתנה התלויה בזווית.

ב. כאשר הזווית קטנה זוהי תנועה הרמונית הזהה לחלוטין למטוטלת מתמטית.

זמן המחזור של מטוטלת מתמטית הוא:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{R}{g}}$$

ג. נצייר את תרשים הכוחות בצורה שונה. הפעם נפרק את N ולא את mg כי זוהי תנועה מעגלית שמרכזה אינו מרכז הכדור אלא נקודה בגובה של A על ציר הכדור. בציר Y אין תנועה:



$$\Sigma F_Y = 0$$
$$N \cdot \cos(\alpha) = mg$$

בציר X זוהי תנועה מעגלית:

$$\Sigma F_X = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$N \cdot \sin(\alpha) = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

מחלוקת משוואה במשוואה נקבל:

$$tg(\alpha) = \frac{v^2}{r \cdot g}$$

נציב $v = \omega \cdot r$; $r = R \cdot \sin(\alpha)$ ונבודד את ω:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R \cdot \cos(\alpha)}} = \sqrt{\frac{10}{0.3 \cdot \cos(30^0)}} = 6.2 \ \frac{rad}{sec}$$

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. האנרגיה הכללית (קינטית ופוטנציאלית) של חללית המסתובבת במסלול מעגלי היא:

$$E = \frac{-G \cdot M \cdot m}{2 \cdot r}$$

כאשר M היא מסת הכוכב, m היא מסת החללית ו- r הוא רדיוס הסיבוב.

כדי להעלות חללית מפני כדור הארץ יש להוסיף לה אנרגיה קינטית E_K לאנרגיה הפוטנציאלית E_P שיש לה על פני הארץ.

$$E = E_K + E_P$$

$$\frac{-G \cdot M \cdot m}{2 \cdot r} = E_K + \frac{-G \cdot M \cdot m}{R}$$

$$E_K = -G \cdot M \cdot m \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot r} - \frac{1}{R}\right) = -g \cdot R^2 \cdot m \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot r} - \frac{1}{R}\right) = m \cdot g \cdot \left(R - \frac{R^2}{2 \cdot r}\right)$$

(בשלב השני השתמשנו בזהות $g = \frac{G \cdot M}{R^2}$ מכיוון שנתבקשנו לתת תשובה סופית עם g ולא עם G. הזהות הזאת נכונה תמיד כאשר R הוא רדיוס כדור הארץ, ללא קשר למקום בו נמצאת החללית. זוהי זהות מתמטית הקובעת את ערכו של g)

ב. חללית הנמצאת מעל אותה הנקודה על פני כדור הארץ מבצעת מחזור אחד במשך 24 שעות. נבטא את זמן המחזור בשניות:

$$T = 24 \cdot 60 \cdot 60 = 86{,}400 \text{ sec}$$

נמצא את הקשר בין זמן המחזור ורדיוס הסיבוב.

כח הכבידה הגורם לסיבוב החללית הוא הכח הצנטריפטלי הגורם לתנועה המעגלית:

$$\frac{G \cdot M \cdot m}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad \Longrightarrow \quad \omega^2 = \frac{G \cdot M}{r^3}$$

מכיוון שהקשר בין המהירות הזוויתית ω וזמן המחזור T הוא:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

$$\left(\frac{2 \cdot \pi}{T}\right)^2 = \frac{G \cdot M}{r^3} \quad \Longrightarrow \quad r^3 = G \cdot M \cdot \left(\frac{T}{2 \cdot \pi}\right)^2$$

נציב כדי למצוא את r:

$$r = \left(\frac{6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24} \cdot 86{,}400^2}{4 \cdot \pi^2}\right)^{1/3} = 4.23 \cdot 10^7 \text{ m}$$

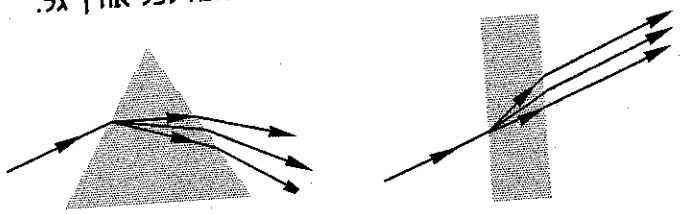
הגובה מעל כדור הארץ הוא ההפרש בין רדיוס הסיבוב ורדיוס כדור הארץ:

$$h = r - R = 4.23 \cdot 10^7 - 6.4 \cdot 10^6 = 3.6 \cdot 10^7 \text{ m}$$

פיתרון מספר 6 - שאלון השלמה

בטבלת זכוכית זווית הכניסה וזווית היציאה שוות זו לזו ללא קשר לאורך הגל ולמקדם השבירה, וזאת רק בגלל שהפיאות של הטבלה מקבילות.

במינסרה האור נשבר לפי מקדם השבירה. מכיוון שמקדם השבירה של אורכי גל שונים הוא שונה, נוצרת זווית שונה לכל אורך גל.

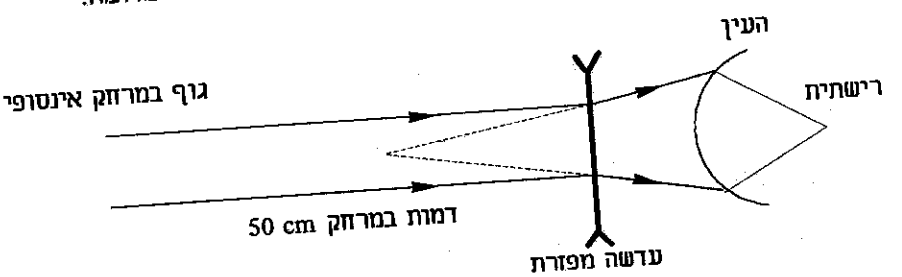


פיתרון מספר 7 - שאלון השלמה

א. העין משנה את מרחק המוקד שלה. על פי נוסחת העדשות $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$

אם משתנה מרחק הגוף u ומרחק העדשה ממקום יצירת הדמות (הרישתית) אינו משתנה הרי שהשינוי חייב להיות במרחק המוקד. העין משנה את מרחק המוקד על ידי הפעלת שריר המותח ומכווץ את קמירות העדשה של העין.

ב. אדם בריא רואה עד אינסוף. כך שכדי שהאדם הזה יראה טוב צריך לגרום לעצם הנמצא באינסוף להיראות לו כמו דמות הנמצאת במרחק 50 cm ממנו, כי שם הוא יראה אותה. דמות זו היא דמות מדומה.



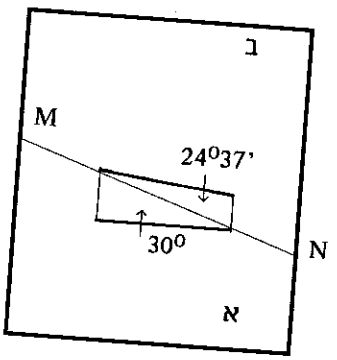
נתון לכן:

$u = \infty \; ; \quad v = -50 \text{ cm}$

נמצא את מרחק המוקד: $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-50} \implies f = -50 \text{ cm}$

עוצמת העדשה היא (2-) דיופטרות. $D = \frac{1}{f} = \frac{1}{-50 \text{ cm}} = \frac{1}{-0.5 \text{ m}} = -2 \text{ D}$

פיתרון מספר 8 - שאלון השלמה



א. חזית הגל נשברת ומשנה את כיוונה על פי חוק סנל.

ב. נחשב את זווית השבירה על פי חוק סנל:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)}$$

$$\sin(\theta_2) = \sin(\theta_1)\cdot\frac{v_2}{v_1}$$

$$\sin(30^o)\cdot\frac{10}{12} = 0.416$$

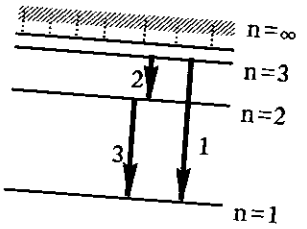
$$\theta_2 = 24^o37'$$

פיתרון מספר 9 - שאלון השלמה

א. גרעין של כל יסוד מכיל פרוטונים ונויטרונים. סוג היסוד נקבע רק על פי מספר הפרוטונים שלו. לכן, איזוטופים של אותו היסוד הם בעלי מספר פרוטונים שווה ומספר נויטרונים שונה.

ב. ניתן להפריד בין איזוטופים על ידי ספקטרוגרף מסות. מכשיר זה מנצל את העובדה שההבדל בין האיזוטופים הוא במסה שלהם. מכניסים את האיזוטופים לתוך שדה מגנטי שם הם מבצעים תנועה מעגלית. רדיוס המסלול תלוי בנוסף למסה גם במהירות החלקיקים ובמטענם. דואגים שאלה יהיו זהים כך שהרדיוסים השונים הם של איזוטופים שונים.

פיתרון מספר 10 - שאלון השלמה



א. אלקטרון המעורר לרמה השלישית יכול לרדת לרמת היסוד באחת משתי דרכים. באחת מיידית לרמת היסוד ואז יפלט פוטון אחד, והשניה דרך הרמה המעוררת n=2 ואז יפלטו שני פוטונים שונים. כך שסך הכל יש שלושה פוטונים אפשריים, היינו שלושה קווים ספקטרליים. 1) n=3 ⇒ n=1 2) n=3 ⇒ n=2 3) n=2 ⇒ n=1

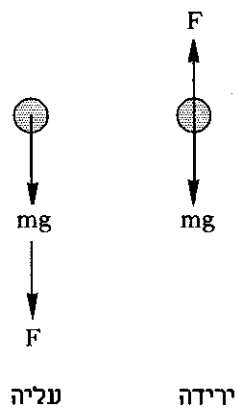
ב. אורך הגל הקצר ביותר הוא במעבר עם האנרגיה הגדולה ביותר היינו מ- 3 ל-1.

פיתרון מספר 11 - שאלון השלמה

א. 1) על פי הפיסיקה הקלאסית כל מטען חשמלי הנע בתאוצה חייב לפלוט קרינה. האלקטרון המסתובב באטום עקב התאוצה הצנטריפטלית היה חייב לכן לפלוט קרינה ועל ידי כך לאבד אנרגיה וליפול לתוך הגרעין.
2) כוכבי הלכת יכולים להימצא בכל רדיוס מסלול שהוא כך שהקרינה הנפלטת מן האטום צריכה להיות קרינה רציפה ולא קרינה בדידה כפי שמתקבל בניסוי.

ב. ההנחות של בוהר הן שקיימים מסלולים מיוחדים שבהם נע האלקטרון ללא פליטת קרינה. מסלולים אלה הם המסלולים היחידים המותרים לתנועה והאלקטרון לא ימצא באחרים. המעבר ממסלול אחד לשני מלווה בפליטת אנרגיה השווה להפרש האנרגיה בין הרמות ולכן הקרינה הנפלטת היא בערכים בדידים ולא רציפה.

פיתרון מספר 12 - שאלון השלמה



נסתכל על הכוחות הפועלים על הכדור בזמן העליה ובזמן הירידה. משקלו mg פועל תמיד כלפי מטה והתנגדות האויר שנסמנה ב- F פועלת תמיד בכיוון הפוך לכיוון התנועה.
שקול הכוחות בזמן העליה הוא הסכום של הכוחות:

$$\Sigma F = mg + F = ma \implies a = g + \frac{F}{m}$$

שקול הכוחות בזמן הירידה הוא ההפרש של הכוחות:

$$\Sigma F = mg - F = ma \implies a = g - \frac{F}{m}$$

נחשוב על התנועה מעלה למהירות סופית אפס כתנועה למטה ממהירות התחלתית אפס, ואז ניתן להשוות בין הקטעים.
מכיוון שהתאוטה בעליה גדולה מהתאוצה בירידה וכיוון שהמרחק בכל קטע זהה יהיה זמן התנועה כלפי מטה ארוך יותר.

פיתרון מספר 13 - שאלון השלמה

כשמנוע עמוס הוא מסתובב יותר לאט. עקב כך הזרם המושרה שכיוונו הפוך לכיוון הזרם המקורי הוא קטן יותר. כך הזרם הכללי שהוא הזרם המקורי פחות הזרם המושרה הוא גדול יותר. ככל שהזרם גדול יותר החום הנפלט גדול נותר כי ההספק הנפלט הוא: $P = I^2 \cdot R$

פיתרון מספר 14 - חשמל

א. המטען הכללי לא השתנה עקב החיבור לאלקטרומטר. בהתחלה היה כולו באלקטרומטר (C_1) ואחר כך התחלק גם לכדור (C_2) כששני הגופים היו מחוברים במקביל.

$$C_1 \cdot V_1 = (C_1 + C_2) \cdot V_2$$

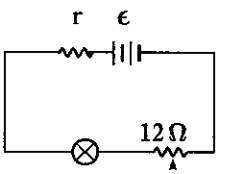
$$C_1 = C_2 \cdot \frac{V_2}{V_1 - V_2} = \frac{0.03}{9 \cdot 10^9} \cdot \frac{900}{1350-900} = 6.67 \cdot 10^{-12}\ F$$

ב. $$Q_1 = C_1 \cdot V_1 = 6.67 \cdot 10^{-12} \cdot 1350 = 9 \cdot 10^{-9}\ C$$

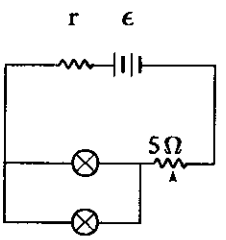
$$Q_2 = C_1 \cdot V_2 = 6.67 \cdot 10^{-12} \cdot 900 = 6 \cdot 10^{-9}\ C$$

פיתרון מספר 15 - חשמל

מצב א'



מצב ב'



א. במצב א' זורם במעגל זרם I.
במצב ב' זורם במעגל זרם כפול $2 \cdot I$ כי הנורה מקבלת את אותו הזרם והזרם הכללי מתפצל לשניים.

המשוואה לכל אחד מהמעגלים היא:

$$\epsilon = I \cdot (r + R + 12)$$

$$\epsilon = 2 \cdot I \cdot (r + \frac{R}{2} + 5)$$

נחלק משוואה במשוואה ונקבל:

$$r + R + 12 = 2 \cdot r + R + 10$$

ומכאן: $r = 2\Omega$

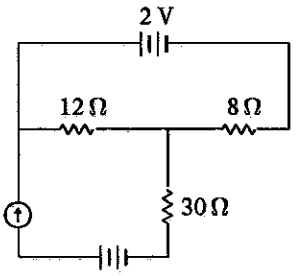
ב. המינימום בנגד המשתנה הוא אפס.
במקרה זה המשוואה לגבי המעגל היא:

$$\epsilon = n \cdot I \cdot (2 + \frac{R}{n})$$

נשווה למקרה ראשון: $n \cdot I \cdot (2 + \frac{R}{n}) = I \cdot (2 + R + 12)$

ונקבל לאחר צמצום I והפחתת R משני האגפים: $n=7$
כך שבנוסף לנורה הראשונה ניתן לחבר עוד 6 נורות.

פיתרון מספר 16 - חשמל



א. נצייר את המעגל כאילו יש שני נגדים נפרדים כי זה מפשט את ההסתכלות.

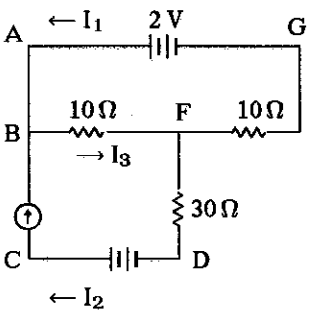
הנגד האחד הוא של : $0.6 \cdot 20 = 12\Omega$
והשני של : $0.4 \cdot 20 = 8\Omega$

אם לא זורם זרם במיליאמפרמטר אז יש מעגל טורי פשוט בחלק העליון. הזרם הוא: $I = \frac{2}{12+8} = 0.1\ A$

המתח על הנגד של 12Ω הוא לכן: $V = 12 \cdot 0.1 = 1.2\ V$

אין זרם בנגד של 30Ω ולכן המתח עליו הוא אפס, כך שהמתח על הנגד של 12Ω הוא המתח על הסוללה השניה, כי היא במקביל לנגד.

המסקנה היא שזו סוללה של 1.2 V.



ב. נצייר את המעגל עם ההתנגדויות החדשות.

ניתן שמות וכיוונים לשלושת הזרמים.
הקשר בין הזרמים הוא:

$I_1 + I_2 = I_3$

חוק המתחים למסלול $\overrightarrow{(ABFGA)}$ הוא: $I_3 \cdot 10 + I_1 \cdot 10 = 2$

חוק המתחים למסלול $\overrightarrow{(BFDCB)}$ הוא: $I_2 \cdot 30 + I_3 \cdot 10 = 1.2$

פיתרון שלוש המשוואות הוא:

$I_1 = 0.0971\ A\ ;\ I_2 = 5.7 \cdot 10^{-3}\ A\ ;\ I_3 = 0.1028\ A$

כל שלושת הזרמים חיוביים כך שהכיוון המקורי שבחרנו נכון.

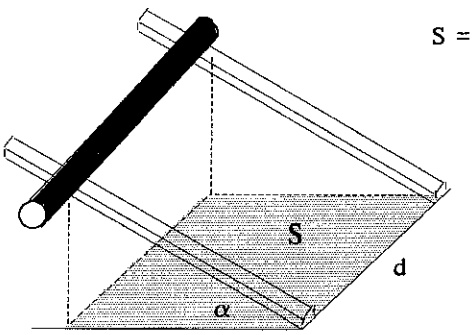
הזרם דרך המיליאמפרמטר הוא לכן: 5.7 mA

המתח על הנגד R הוא: $V = I \cdot R = 5.7 \cdot 10^{-3} \cdot 30 = 0.171\ V$

פיתרון מספר 17 - חשמל

א. השטף הוא מכפלת השדה המגנטי הקבוע בהיטל על המישור של השטח בין המוט והפסים.
היטל השטח הוא:

$$S = d\cdot(l-vt)\cdot\cos(\alpha)$$



השטף הוא:

$$\Phi_B = B\cdot d\cdot(l-v\cdot t)\cdot\cos(\alpha) = 0.08\cdot 0.6\cdot(1.6 - 50\cdot t)\cdot\cos(30^0)$$

$$\Phi_B = 0.0665 - 2.078\cdot t$$

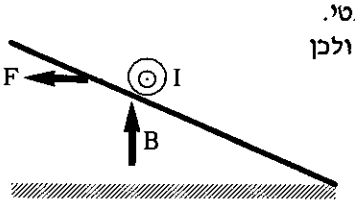
ב. הזרם המושרה נגרם מהכ.א.מ. המושרה: $I = \frac{\epsilon}{R}$

הכ.א.מ. המושרה נוצר מתנועת מוט במהירות v בזווית של 120^0 לשדה מגנטי B.

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{B\cdot l\cdot v\cdot\sin(\alpha)}{R} = \frac{0.08\cdot 0.6\cdot 50\cdot\sin(120^0)}{0.05} = 41.57\ A$$

כיוון הזרם הוא מ- M ל-N כי זרם כזה יגרום בתוך המסגרת לשדה מגנטי כלפי מעלה כמו הכיוון המקורי של השדה ההולך וקטן. חוק לנץ קובע שהשדה המושרה שנוצר מנסה להחזיר את מצב השטף המגנטי לקדמותו. במקרה זה להגדיל את השטף המגנטי כלפי מעלה.

ג. הזרם הזורם במוט מאונך לשדה המגנטי.
במבט מן הצד הזרם הוא לכיוונו ולכן כיוון הכח הוא במקביל לריצפה.



עוצמת הכח היא:

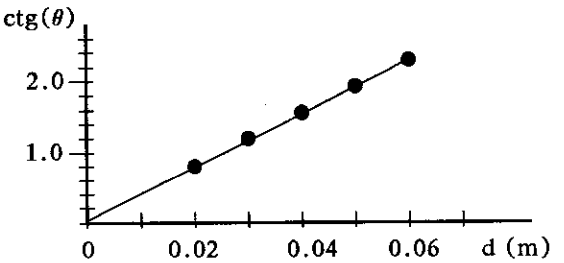
$$F = B\cdot I\cdot L\cdot\sin(\alpha) = 0.08\cdot 41.57\cdot 0.6\cdot\sin(90^0) = 1.995\ N$$

פיתרון מספר 18 - חשמל

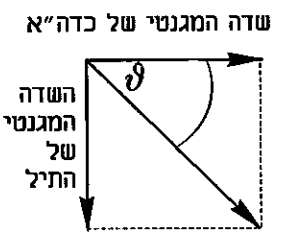
א. נחשב את $ctg(\theta)$ לכל זווית:

מרחק (מטר)	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02
זווית (מעלות)	23	27	32	40	51
ctg הזווית	2.356	1.96	1.6	1.19	0.81

הגרף הוא:



ב. הזווית נוצרת בגלל השדה המגנטי השקול של כדור הארץ והתיל.



השדה המגנטי של התיל הוא:

$$B_I = \frac{2\cdot 10^{-7}\cdot I}{d} = \frac{2\cdot 10^{-7}\cdot 3}{d} = \frac{6\cdot 10^{-7}}{d}$$

$$ctg(\theta) = \frac{B_E}{B_I} = \frac{B_E\cdot d}{6\cdot 10^{-7}}$$

שיפוע הגרף של $ctg(\theta)$ כפונקציה של d שווה לכן ל- $\frac{B_E}{6\cdot 10^{-7}}$.

נסתכל על הגרף ונמצא מתוכו את השיפוע: $\frac{B_E}{6\cdot 10^{-7}} = \frac{2.356-0.81}{0.06-0.02}$

ומכאן: $B_E = 2.32\cdot 10^{-5}\ T$

ג. הסטיה תהיה אפס. ללא השפעת השדה המגנטי של התיל הסטיה היתה אפס ובמצב החדש מבטלים שני השדות של התיילים זה את זה, כך שהשדה המגנטי השקול הוא של כדור הארץ בלבד.

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. הנתונים הם: $f = 20\ cm\ ;\ u = 15\ cm\ ;\ x = 10\ cm$

נהפוך את היחידות בהן נמדד f מסנטימטר למטר ונחשב את עוצמת העדשה:

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.2} = 5\ D$$

למציאת מיקום הדמות נשתמש בנוסחת העדשות.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \Longrightarrow \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{20} - \frac{1}{15} = -\frac{1}{60} \Longrightarrow v = -60\ cm$$

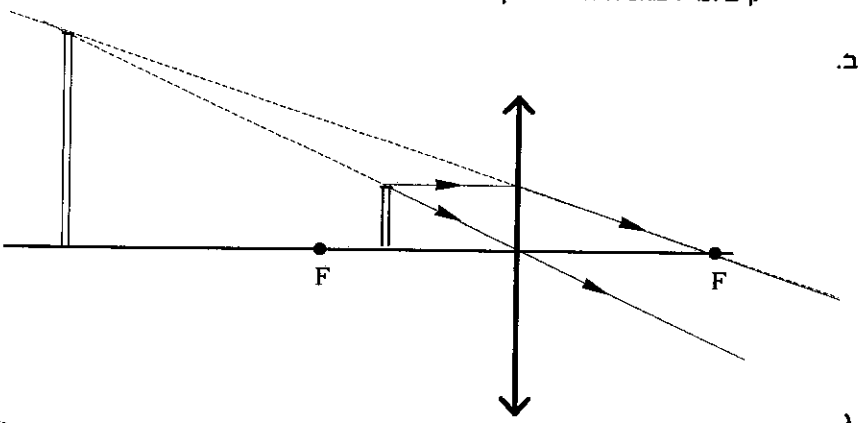
הדמות היא שלילית ולכן מדומה.

למציאת גובה הדמות נשתמש בנוסחה: $\frac{y}{x} = -\frac{v}{u}$

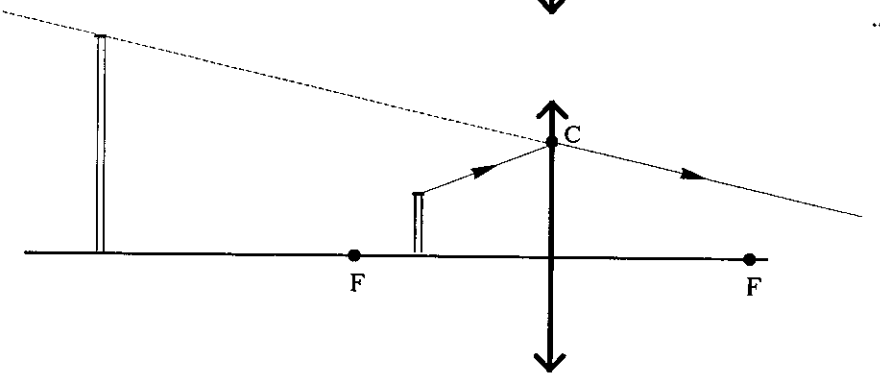
$$y = -x \cdot \frac{v}{u} = -10 \cdot \frac{-60}{15} = 40\ cm$$

קיבלנו דמות חיובית ולכן ישרה.

ב.

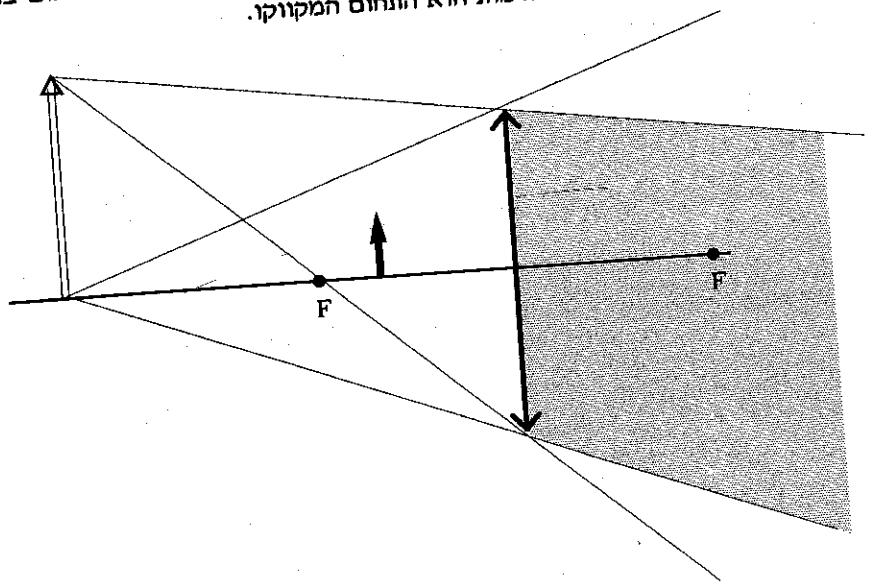


ג.



כל הקרניים שיוצאות מראש הגוף A ופוגעות בעדשה נשברות כך שהמשכיהן עוברים דרך ראש הדמות 'A .

ד. את הדמות ניתן לראות אם מציבים את העין מימין לעדשה. התחום בו ניתן לראות את כל הדמות הוא התחום המקווקו.



פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. תדירות הכדורים והמשרעת שלהן חייבות להיות זהות.

ב. כדי שהאנך האמצעי המרוחק מרחק שווה משני הכדורים יהיה קו צומת חייב להיות הפרש מופע של מחצית זמן מחזור (180^0) בין הגלים כדי ליצור התאבכות הורסת. התאבכות הורסת יכולה להיווצר על ידי הפרש דרכים או הפרש מופע בין הגלים.

ג. כדי שיהיו קווי צומת צריך להתקיים התנאי הבא:

$$\sin(\theta_n) = (n+p-\frac{1}{2})\cdot\frac{\lambda}{d}$$

כאשר n הוא המספר הסידורי של קו הצומת. המכסימום מתרחש כאשר $\sin(\theta_n)=1$ ואז:

$$1 = (n+p-\frac{1}{2})\cdot\frac{\lambda}{d} \quad \Longrightarrow \quad n = \frac{d}{\lambda} - p + \frac{1}{2}$$

ככל שהמרחק בין הכדורים d גדול יותר או אורך הגל λ קטן יותר יגדל מספר קווי הצומת.

ד. נשתמש בנוסחה: $\sin(\alpha_n) = (n+p-\frac{1}{2})\cdot\frac{\lambda}{d}$

$\frac{X_n}{L_n}$

שכאשר $L>>d$ שווה גם ל:

הנתונים במקרה זה הם: $n=1\ ;\ X_1 = 0.008\cdot L\ ;\ \lambda = 0.02\cdot d$

$$(1+p-\frac{1}{2})\cdot\frac{0.02\cdot d}{d} = \frac{0.008\cdot L}{L}$$

ומכאן: $p = -0.1$ כך שהפרש המופע הוא של 0.1 מזמן המחזור.

פיתרון מספר 21 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. אורך הגל הארוך ביותר יגרום לשחרור אלקטרונים ללא אנרגיה קינטית. נשתמש בנוסחת איינשטיין ונציב בה: $E_K = 0$

$$E_K = h\nu - B = \frac{hc}{\lambda} - B = 0$$

$$B = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{B} = \frac{6.63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}}{2.4\cdot1.6\cdot10^{-19}} = 5.179\cdot10^{-7}\ m = 5179\ \text{Å}$$

ב.

$$E_K = \frac{hc}{\lambda} - B = \frac{6.63\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}}{3000\cdot10^{-10}} - 2.4\cdot1.6\cdot10^{-19} =$$
$$= 2.79\cdot10^{-19}\ J = 1.74\ eV$$

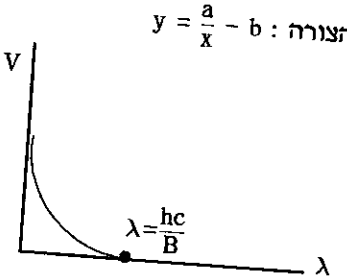
ג.

$$E_K = \frac{1}{2}\cdot mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2\cdot E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot2.79\cdot10^{-19}}{9.1\cdot10^{-31}}} = 7.83\cdot10^{5}\frac{m}{sec}$$

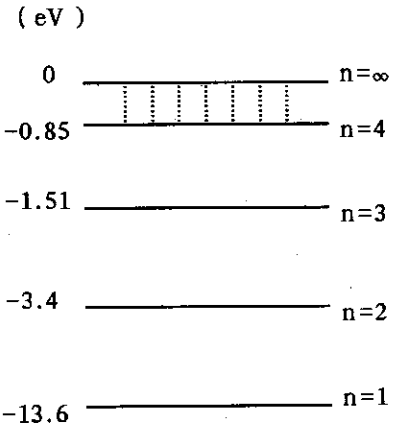
ד. ככל שאורך הגל קטן יותר האנרגיה של הפוטון גדולה יותר ולכן המתח העוצר גדול יותר. ננסח זאת מתמטית: $qV = \frac{hc}{\lambda} - B$

או: $V = \frac{hc}{\lambda\cdot q} - \frac{B}{q}$ שהוא ביטוי מהצורה: $y = \frac{a}{x} - b$

הגרף יראה לכן:



פיתרון מספר 22 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית



א. רמות האנרגיה של אטום המימן ניתנות לפי המודל של בוהר בנוסחה:

$$E_n = \frac{-13.6\ (eV)}{n^2}$$

ולכן:

$$E_1 = \frac{-13.6}{1^2} = -13.6\ eV$$

$$E_2 = \frac{-13.6}{2^2} = -3.4\ eV$$

$$E_3 = \frac{-13.6}{3^2} = -1.51\ eV$$

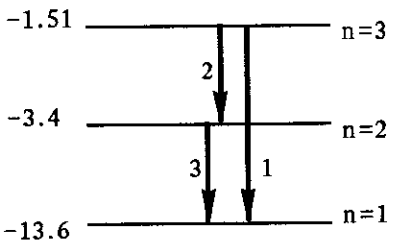
$$E_4 = \frac{-13.6}{4^2} = -0.85\ eV$$

ב. כתוצאה מתוספת האנרגיה יגיעו האלקטרונים לאנרגיה של:

$$-13.6 + 12.5 = -1.1\ eV$$

אנרגיה זו מספיקה להביא את האלקטרון לרמה $n=3$ בלבד.

ג. יווצרו שלושה קווים ספקטרליים כתוצאה ממעברי האנרגיה הבאים:



$n=3 \Longrightarrow n=1$

$n=3 \Longrightarrow n=2$

$n=2 \Longrightarrow n=1$

ד. אורך הגל הקצר ביותר מתאים למעבר האנרגיה הגדול ביותר, זאת אומרת מרמת האנרגיה $n=3$ לרמת האנרגיה $n=1$.

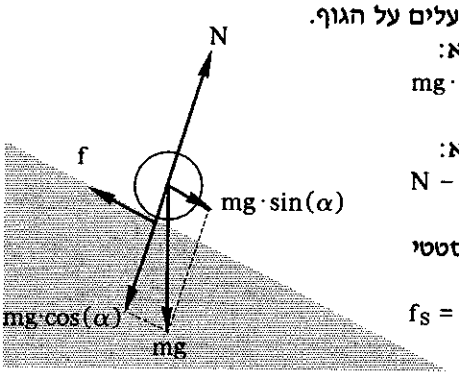
$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{[-1.51-(-13.6)]\cdot 1.6\cdot 10^{-19}} = 1.028\cdot 10^{-7}m = 1028\ \text{Å}$$

פיתרון מספר 23 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. גלגול ללא החלקה הוא כאשר החיכוך בין הכדור והמדרון הוא חיכוך סטטי.

נצייר את תרשים הכוחות הפועלים על הגוף.



משוואת הכוחות בכיוון X היא:

$$mg\cdot\sin(\alpha) - f = ma$$

משוואת הכוחות בכיוון Y היא:

$$N - mg\cdot\cos(\alpha) = 0$$

לכן, במצב בו החיכוך הסטטי מכסימלי:

$$f_S = \mu_S\cdot N = \mu\cdot mg\cdot\cos(\alpha)$$

משוואת המומנטים היא:

$$f\cdot R = I\cdot\alpha$$

תנאי הגלגול ללא החלקה הוא: $\alpha = \frac{a}{R}$ ומומנט האינרציה של כדור הוא: $\frac{2}{5}\cdot m\cdot R^2$ ולכן:

$$f = \frac{I\cdot\alpha}{R} = \frac{I\cdot a}{R^2} = \frac{2}{5}\cdot ma$$

ממשוואת הכוחות בציר X נקבל:

$$mg\cdot\sin(\alpha) - f = \frac{5f}{2} \implies \frac{7\cdot f}{2} = mg\cdot\sin(\alpha)$$

$$\frac{7\cdot\mu\cdot mg\cdot\cos(\alpha)}{2} = mg\cdot\sin(\alpha)$$

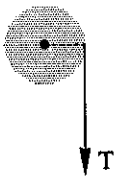
$$\mu_S = \frac{2}{7}\cdot tg(\alpha)$$

חיכוך סטטי אינו קבוע ותלוי בכח המושך. כשהיצבנו במקום f את μN הרי היצבנו את הערך המכסימלי של החיכוך. אם μ גדול מהערך שמצאנו החיכוך יהיה ללא גלגול כי החיכוך יכול לספק את הכח הסטטי הדרוש.

ב. $$tg(\alpha) = \frac{7\cdot\mu_S}{2} = \frac{7\cdot 0.3}{2} = 1.05 \implies \alpha = 46^o24'$$

פיתרון מספר 24 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. הכוח היחיד הפועל על הגליל וגורם לסיבובו הוא החבל.
ולכן משוואת המומנטים היא:



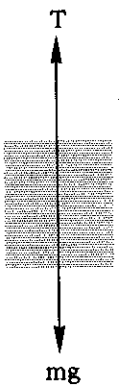
$$T\cdot R = I\cdot\alpha \implies T = \frac{I\cdot\alpha}{R}$$

מומנט ההתמד של גליל הוא: $\frac{1}{2}\cdot MR^2$ וקיים הקשר: $\alpha = \frac{a}{R}$

ולכן:

$$T = \frac{\frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2\cdot\alpha}{R} = \frac{1}{2}\cdot M\cdot a$$

משוואת הכוחות למסה m היא:



$$m\cdot g - T = m\cdot a$$

ולכן: $T = m\cdot(g - a)$

נשווה את שתי המשוואות ונקבל:

$$\frac{1}{2}\cdot M\cdot a = m\cdot(g - a)$$

ומכאן: $a = g\cdot\frac{2m}{M + 2m}$

מכיוון שהתנועה שוות תאוצה:

$$X = v_0 t + \frac{1}{2}\cdot at^2 = \frac{1}{2}\cdot at^2 \implies t = \sqrt{\frac{2\cdot X}{a}} \quad (v_0 = 0)$$

$$t = \sqrt{\frac{\frac{h}{2}\cdot(M + 2m)}{g\cdot m}} = \sqrt{\frac{h\cdot(M + 2m)}{2\cdot g\cdot m}}$$

ב. האנרגיה היא אנרגית הסיבוב של הגליל:

$$E = \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2 = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2\right)\cdot\left(\frac{v}{R}\right)^2 = \frac{M\cdot v^2}{4}$$

המהירות היא:

$$v = a\cdot t = g\cdot\frac{2m}{M + 2m}\cdot\sqrt{\frac{h\cdot(M + 2m)}{2\cdot g\cdot m}} = \sqrt{\frac{2\cdot mgh}{M + 2m}}$$

והאנרגיה היא:

$$E = \frac{M \cdot 2 \cdot mgh}{4 \cdot (M + 2m)} = \frac{m \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot (M + 2m)}$$

פיתרון מספר 25 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. בעזרת הנתונים הרשומים על הנורה נמצא את התנגדותה ואת הזרם שהיא צריכה לתאורה מלאה:

$$P = \frac{V^2}{R} \implies R = \frac{V^2}{P} = \frac{120^2}{60} = 240\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{120}{240} = 0.5\ A$$

הזרם הזה הושג בעזרת מקור מתח חילופין ועקבה שקולה:

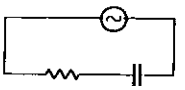
$$Z = \frac{V_{eff}}{I_{eff}} = \frac{240}{0.5} = 480\ \Omega$$

נמצא את ההשראות מהביטוי לעקבה:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} \implies X_L = \omega \cdot L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega} = \frac{\sqrt{480^2 - 240^2}}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 1.32\ H$$

ב. (1) חיבור קבל בטור לנגד.

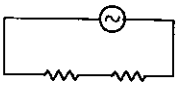


העקבה השקולה חייבת להיות 480 Ω ולכן:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \implies X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot \sqrt{Z^2 - R^2}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \sqrt{480^2 - 240^2}} = 7.66 \cdot 10^{-6}\ F$$

(2) חיבור נגד נוסף בטור.



גם במקרה זה העקבה השקולה היא 480 Ω:

$$Z = R_1 + R_2 \implies R_2 = Z - R_1 = 480 - 240 = 240\ \Omega$$

פיתרון מספר 26 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. מגבלת הזרם נעוצה בזרם המכסימלי על הקבל.
(זהו ערך מכסימלי לזרם האפקטיבי.)

$$I_{max\ (eff)} = \frac{V_{max\ (eff)}}{X_C} = \omega \cdot C \cdot V_{max\ (eff)} = 500 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 1200 = 30\ A$$

ב. מגבלת הזרם במעגל גורמת למגבלה בגודל העכבה השקולה.

$$Z_{min} = \frac{V_{eff}}{I_{eff}} = \frac{600}{30} = 20\ \Omega$$

$$Z_{min} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

הערך המינימלי לגבי ההפרש בין עכבת הסליל והקבל הוא:

$$X_L - X_C = \pm\sqrt{Z_{min}^2 - R^2} = \pm\sqrt{20^2 - 12^2} = \pm 16\ \Omega$$

נחשב את X_C: $X_C = \frac{V_{max\ (eff)}}{I_{max\ (eff)}} = \frac{1200}{30} = 40\ \Omega$

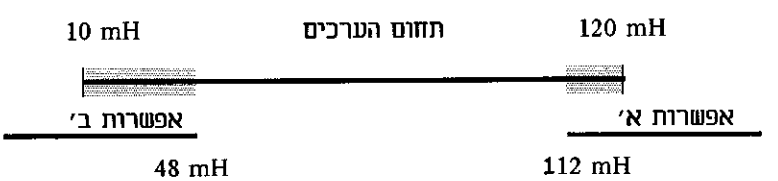
קיימות שתי אפשרויות. אפשרות א': $X_L > X_C + 16 > 40 + 16 > 56\ \Omega$

אפשרות ב': $X_L < X_C - 16 < 40 - 16 < 24\ \Omega$

אפשרות א': $L > \frac{56}{500} = 0.112\ H = 112\ mH$

אפשרות ב': $L < \frac{24}{500} = 0.048\ H = 48\ mH$

מכיוון שתחום הערכים של הסליל הוא 10 mH - 120 mH



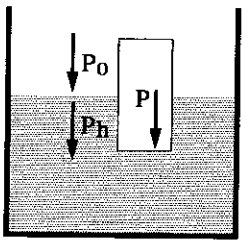
הסליל יכול להיות בתחום $10\ mH < L < 48\ mH$
או בתחום $112\ mH < L < 120\ mH$

פיתרון מספר 27 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. נמדוד את הלחצים ב- ס"מ כספית.

הלחץ ההדרוסטטי P_h הוא: $P_h = 0.4 \cdot H$

לחץ האויר P_0 הוא 75.6 cm כספית.



האויר בתוך המיכל שינה את נפחו ולכן גם את לחצו כשהוכנס לקערה.
על פי חוק בויל:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$75.6 \cdot S \cdot H = P \cdot S \cdot (H-h) = P \cdot S \cdot 0.9 \cdot H$$

$$P = \frac{75.6}{0.9} = 84 \text{ cm}$$

משוואת הלחצים היא: $P = P_0 + P_h$

נציב ונקבל: $84 = 75.6 + 0.4 \cdot H \implies H = 21 \text{ cm}$

ב. האויר יצא כאשר גובה עמוד הכספית מחוץ למשורה יגיע ל- $\frac{H}{2}$.

במקרה זה יהיה לחץ האויר הפנימי:

$$P = P_0 + \frac{H}{2} = 75.6 + \frac{21}{2} = 86.1 \text{ cm}$$

הנתונים הם: $V_1 = S \cdot 0.9 \cdot H$; $P_1 = 84$ cm ; $T_1 = 300^0 K$

$V_2 = S \cdot H$; $P_2 = 86.1$ cm ; $T_2 = ?$

נשתמש במשוואת הגזים:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

$$T_2 = \frac{P_2 \cdot V_2 \cdot T_1}{P_1 \cdot V_1} = \frac{86.1 \cdot S \cdot H \cdot 300}{84 \cdot S \cdot 0.9 \cdot H} = 341.7^0 \text{ K} = 68.7^0 \text{ C}$$

ג. הטמפרטורה היתה קטנה מכיוון שלחץ אדי הכספית גדל עם הטמפרטורה ותורם ללחץ הכללי של הגז בתוך המשורה, כך שהלחץ הכללי היה מגיע ללחץ הדרוש בטמפרטורה נמוכה יותר.

פיתרון מספר 28 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. מהירות המים גדלה כי האנרגיה הקינטית גדלה על חשבון האנרגיה הפוטנציאלית, כמו בכל גוף נופל בנפילה חופשית. נסתכל על קובית מים דמיונית בעלת מסה m. שוויון האנרגיה הוא:

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_0^2 + mgh = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_D^2$$

$$v_D^2 = v_0^2 + 2gh \Longrightarrow v_D = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

הקשר בין מהירות הזרימה וקוטר סילון המים הוא בעזרת משוואת הרציפות:

$$S_1\cdot v_1 = S_2\cdot v_2 \Longrightarrow \frac{\pi\cdot D_0^2}{4}\cdot v_0 = \frac{\pi\cdot D^2}{4}\cdot v_D \Longrightarrow v_D = v_0\cdot\frac{D_0^2}{D^2}$$

נציב במקום v_D את הביטוי שקיבלנו:

$$\sqrt{v_0^2 + 2gh} = v_0\cdot\frac{D_0^2}{D^2} \Longrightarrow D = D_0\cdot\left(\frac{v_0^2}{v_0^2 + 2gh}\right)^{1/4}$$

ב. נכתוב את הביטוי שקיבלנו כמשוואה ל- v_0:

$$v_0^2 + 2gh = v_0^2\cdot\frac{D_0^4}{D^4} \Longrightarrow 2gh = v_0^2\cdot\left(\frac{D_0^4}{D^4} - 1\right)$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{D_0^4}{D^4} - 1\right)}}$$

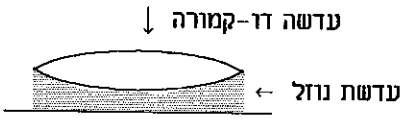
הנתונים הם: $h = 0.15\ m\ ;\quad D = \frac{D_0}{2}$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{D_0^4}{D^4} - 1\right)}} = \sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot 0.15}{(2^4 - 1)}} = 0.447\ \frac{m}{sec}$$

מעבדת חקר - ניסוי א' - איתור דמויות במערכת עדשות

4. כאשר גוף נמצא במוקד דמותו נוצרת באינסוף.
במקרה שלפנינו, כאשר הפס נמצא בדיוק במוקד העדשה, הקרניים נשברות בעדשה וממשיכות מקבילות לציר האופטי. קרניים אלו מוחזרות מן המראה בדיוק באותה הזווית, היינו במקביל לציר האופטי (זווית הפגיעה וזווית ההחזרה שוות לאפס). מבחינת העדשה אלו קרניים שהגיעו מאינסוף ולכן יתכנסו ליצור דמות במוקד. הדמות תיווצר בדיוק במקום בו עומד הגוף.

5. עדשת הנוזל נוצרת מתחת לעדשה הדו-קמורה. זוהי עדשה ישרה בצידה האחד וקעורה בצידה השני.



7. ממדידת מרחק המוקד f_1 נמצא את R_1:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\cdot\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right) \implies \frac{1}{f_1} = (1.5-1)\cdot\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_1}\right) = \frac{1}{R_1}$$

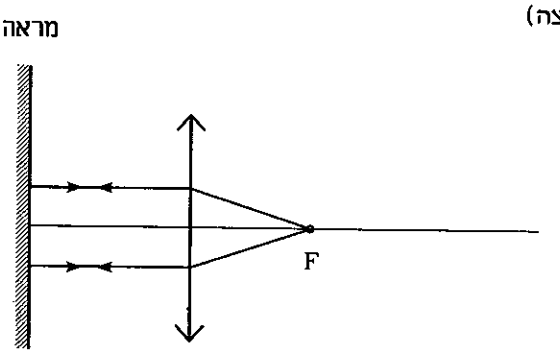
$$f = R_1$$

9. רדיוסי העקמומיות של עדשת הנוזל הם $R_1' = \infty$ בצד המישורי ו- $R_2' = -R_1$ בצד הקעור כי זהו הצד הקמור של העדשה הדו-קמורה.

11. הדמות של הפס היא דמות ממשית הנוצרת במוקד, כי הדמות נוצרת מקרניים שחוזרות מקבילות מן המראה המישורית. קרניים אלו נשברות כך שהן עוברות דרך המוקד ויוצרות שם דמות ממשית.

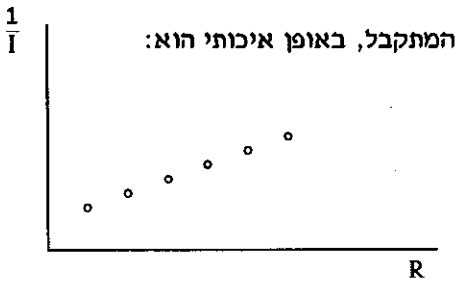
12. עדשת הנוזל היא עדשה מפזרת כי יש לה רדיוס עקמומיות שלילי. (ניתן לראות שהיא מפזרת גם מהעובדה שהיא צרה יותר במרכזה מאשר בקצה)

13.



מעבדת חקר - ניסוי ב' - מדידות במעגל חשמלי טורי

6. הגרף המתקבל, באופן איכותי הוא:



7. התנגדות התיל R תלויה באורכו: $R = \rho \cdot d$

כאשר ρ היא ההתנגדות ליחידת אורך של התיל.

מכיוון שמתקיים חוק אוהם בין ההתנגדות הכללית של המעגל R_T ובין הזרם והמתח הכלליים: $\epsilon = I \cdot R_T$

$$\frac{1}{I} = \frac{R_T}{\epsilon}$$

ההתנגדות הכללית R_T מורכבת מהתנגדות התיל R ומשאר התנגדויות המעגל r הכוללות את ההתנגדות הפפנימית של מקור המתח, התנגדויות החוטים והחיבורים וכו'.

מכאן: $\frac{1}{I} = \frac{R + r}{\epsilon} = \frac{R}{\epsilon} + \frac{r}{\epsilon}$

א. שיפוע הגרף הוא $\frac{1}{\epsilon}$.

נמצא את שיפוע הגרף בעזרת שתי נקודות: $a = \frac{\Delta\left(\frac{1}{I}\right)}{\Delta R}$

ומן השיפוע נמצא את הכ.א.מ.: $\epsilon = \frac{1}{a}$

ב. נקודת החיתוך עם ציר ה- X (R) היא:

$$\frac{1}{I} = \frac{R}{\epsilon} + \frac{r}{\epsilon} = 0 \implies R = -r$$

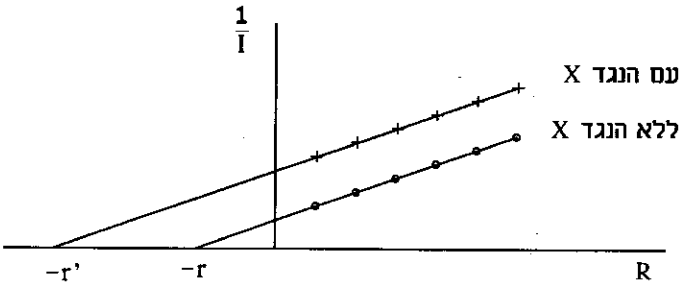
משמעות נקודת החיתוך היא ההתנגדות הנוספת של המעגל, פרט להתנגדות התיל.

8. תוספת הנגד X מגדילה את ההתנגדות הכללית הנוספת r של המעגל.

שיפוע הגרף השווה ל- $\frac{1}{\epsilon}$ לא ישתנה אבל נקודות החיתוך עם הצירים ישתנו.

נקודת החיתוך הראשונה עם ציר ה- X הכילה את כל ההתנגדויות של המעגל. תוספת הנגד X היא לכן התוספת היחידה בשינוי מ- r ל- r' .
לכן נמצא את ההתנגדות X על ידי החסרת שתי ההתנגדויות:

$R = r' - r$



את המעגל יש לסגור לזמן קצר בעיקר מכיוון שהזרם בתיל גורם להתחממותו ועל ידי כך משנה את ההתנגדות שלו. בנוסף, זרם לאורך זמן רב גורם לצריכת אנרגיה רבה ממקור המתח ולכן להחלשותו.

בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1989

חלק א' - מכניקה

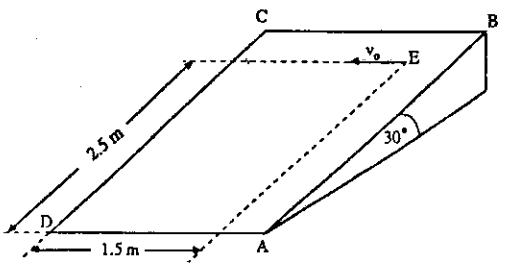
עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 1 - 5.

1. לוח מלבני חלק ABCD יוצר זווית בת 30^0 עם המישור האופקי.

הנקודה E נמצאת במרחק 2.5 m מהצלע DA ובמרחק 1.5 m מהצלע CD של הלוח.

מן הנקודה E נזרק כדור קטן על הלוח במהירות v_0 בכיוון מקביל ל BC

(ראה תרשים).



א. ציין את הכוחות הפועלים על הכדור בעת תנועתו על הלוח. (7 נקודות)

ב. מה צורת מסלול הכדור על הלוח? הסבר. (10 נקודות)

ג. מה צריך להיות גודל המהירות v_0 כדי שהכדור יגיע לנקודה D? מה יהיה אז גודל המהירות של הכדור בנקודה D? (16 נקודות)

2. קרונית שמסתה $m = 80\ kg$ נעה ימינה על מסילה אופקית חלקה במהירות $v_1 = 3\ m/s$.

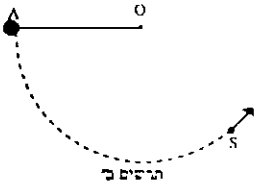
א. מצא את מהירות הקרונית (גודל וכיוון), לאחר שאדם שמסתו $M = 60\ kg$, הרץ בכיוון הקרונית במהירות $v = 8\ m/s$, משיג אותה, קופץ עליה ומתיישב בתוכה. (6 נקודות)

ב. מה תהיה התשובה לסעיף א, אם אותו אדם ירוץ לקראת הקרונית? (6 נקודות)

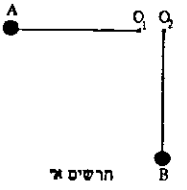
ג. אותה קרונית עוברת מתחת לזרם של חיטים הנשפכים לתוכה במאונך מלמעלה מתוך משפך. האם מהירות הקרונית תקטן, לא תשתנה או תגדל עקב כך? האם הגובה ממנו נשפכים החיטים משפיע על מהירות הקרונית? הסבר. (12 נקודות)

ד. זרם החיטים מלמעלה פסק והקרונית נעה כשהיא מלאה חיטה. לפתע נפער חור בקרקעיתה, והחיטה החלה להישפך מתוכה תוך כדי תנועתה. האם מהירות הקרונית תקטן, לא תשתנה או תגדל עקב כך? הסבר. (9 נקודות)

3. כדור A שמסתו $M_1 = 0.1\ kg$ מוחזק במנוחה בקצהו של חוט אופקי שאורכו $\ell = 80\ cm$, הקשור לנקודה קבועה O_1. כדור שני B שמסתו $M_2 = 0.3\ kg$ תלוי במנוחה על חוט אנכי, בעל אותו אורך ℓ, הקשור לנקודה קבועה O_2. משחררים את הכדור A ממנוחה, ותוך כדי תנועתו הוא מתנגש התנגשות מצח אלסטית (לחלוטין) בכדור B (ראה תרשים א).



תרשים ב



תרשים א

הנח כי מסת החבלים זניחה, וכי ברגע ההתנגשות שני החבלים נמצאים במצב אנכי.

א. מצא את מהירות (גודל וכיוון) הכדור A כהרף עין לפני ההתנגשות. (3 נקודות)

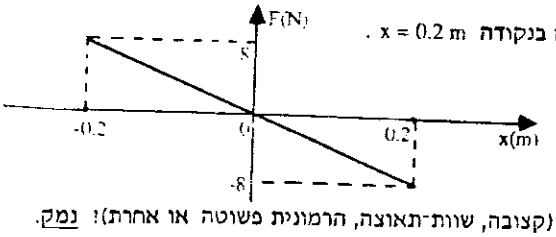
ב. מצא את המתיחות בחוט הקשור לכדור A כהרף עין לפני ההתנגשות. (3 נקודות)

ג. מצא את הזווית המרבית לאנך, אליה יגיע החוט הקשור לכדור B לאחר ההתנגשות. (4 נקודות)

ד. מסירים את הכדור B, ומשחררים שוב את הכדור A ממנוחה במצב אופקי. בהגיע הכדור לנקודה S ניתק הכדור מהחוט (ראה תרשים ב). האם הגובה המרבי אליו יגיע הכדור לאחר הניתוק יהיה גדול, קטן או שווה לגובה ממנו שוחרר ממנוחה? נמק. (2 נקודות)

4. גוף שמסתו $m = 0.4\ kg$ מונח על מסילה ישרה. הגרף שבתרשים מתאר את הכוח השקול הפועל על הגוף כפונקציה של ההעתק x ממרכז המסילה. כיוון הכוח הוא לאורך המסילה.

ברגע $t = 0$ מצא הגוף במנוחה בנקודה $x = 0.2\ m$.



א. באיזו תנועה נע הגוף (קצובה, שוות־תאוצה, הרמונית פשוטה או אחרת)? נמק. (10 נקודות)

ב. כמה זמן חולף מתחילת התנועה ועד לרגע בו מגיע הגוף לראשונה לנקודה $x = 0$? (5 נקודות)

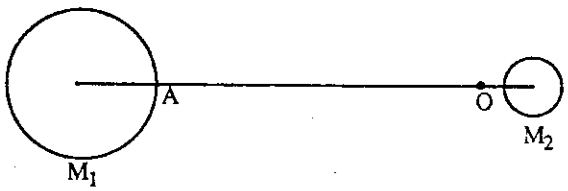
ג. מהי מהירות הגוף (גודל בלבד) בנקודה $x = 0$? (5 נקודות)

ד. מהי תאוצת הגוף בנקודה $x = -0.2\ m$? (5 נקודות)

ה. מהו הגודל הפיסיקלי שמבטא השטח הכלוא בין הגרף לבין ציר ה־x בקטע שבין $x = 0.2\ m$ ל $x = 0$? (8 נקודות)

5. השאלה שלפניך דנה במערכת כדור הארץ והירח, תוך התעלמות מתנועותיהם ומהשפעת גרמי שמיים אחרים. מסת כדור הארץ היא M_1 ; מסת הירח היא M_2 ; רדיוס כדור הארץ הוא R; המרחק בין מרכז כדור הארץ למרכז הירח הוא d ; תאוצת הנפילה החופשית על כדור הארץ היא g .

נתון: $M_2 = \frac{M_1}{81}$ $d = 60\ R$



א. על הישר המקשר את מרכזי כדור הארץ והירח נמצאת נקודה O, אשר גוף שיוצב בה במנוחה יישאר במנוחה (ראה תרשים). מצא את מרחק הנקודה O ממרכז כדור הארץ. בטא תשובתך באמצעות R בלבד. (4 נקודות)

מנקודה A על פני כדור הארץ משגרים לירח חללית שמסתה m. הנקודה A נמצאת על הקו המחבר את מרכז הירח למרכז כדור הארץ (ראה תרשים).

ב. מהי האנרגיה המינימלית E שיש להעניק לחללית כדי להעלותה לנקודה O ? בטא את תשובתך באמצעות m, R ו g . שים לב: עליך לקחת בחשבון את השפעת כדור הארץ והירח על החללית. (7 נקודות)

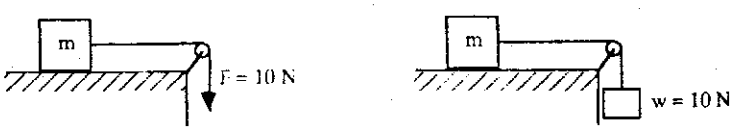
ג. איזה מרכיב באנרגיה של החללית ניתן להזניח, אם נסתפק בדיוק של 99.9% בחישוב E? הסבר. (1 נקודה)

חלק ב' - שאלון השלמה

עליך לענות על חמש משמונה השאלות 13 - 6.

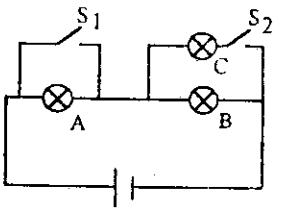
6. גוף שמסתו m מונח על שולחן חלק. אל הגוף מחובר חוט הכרוך סביב גלגילה חסרת חיכוך. פעם נמשך החוט בכוח של 10N (תרשים א), ופעם שנייה על־ידי גוף הקשור לקצה החוט ומשקלו 10N (תרשים ב).

האם תאוצות הגוף בשני המקרים שוות? הסבר. (5 נקודות)



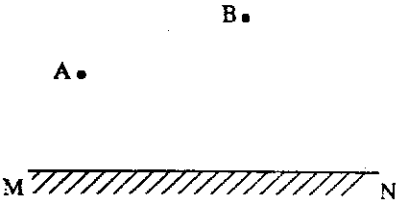
תרשים א' תרשים ב'

7. במעגל החשמלי המתואר בתרשים שלפניך,
שלוש הנורות A, B ו- C זהות
והמפסקים S_1 ו- S_2 פתוחים.
סוגרים את שני המפסקים.
השווה את עוצמת ההארה של כל אחת מהנורות
לפני הסגירה ואחריה. הסבר.
התנגדויות המקור ותיילי ההולכה ניתנות להזנחה. (5 נקודות)



8. בעיתון הופיעה ידיעה המבשרת כי בראש־השנה העברי הקרוב יתרחש ליקוי לבנה. מה דעתך
על נכונות ידיעה זו? הסבר. (5 נקודות)

9. MN היא מראה מישורית, ובנקודה A
נמצא מקור אור (ראה תרשים).
אלומת אור צרה יוצאת ממקור האור,
פוגעת במראה ומגיעה לנקודה B.
העתק את התרשים למחברתך, ומצא
בעזרת סרטוט את הנקודה על־פני המראה בה פגעה האלומה. תאר את שלבי הסרטוט.
(5 נקודות)



10. מהו התנאי (או התנאים) לכך, שבניסוי הנעשה עם שני מקורות נקודתיים באמבט גלים,
יהיה האגף האמצעי לקטע, המחבר את המקורות, קו צומת? הסבר. (5 נקודות)

11. אור ירוק פוגע בקתודה של שפופרת פוטואלקטרית. מתברר כי על אף שאין מתח מעכב בין
הקתודה לאנודה לא זורם במעגל זרם.
בהנחה שהמעגל החשמלי תקין, הסבר מה יכולה להיות סיבת הדבר, ומה ניתן לעשות כדי
שבמעגל יזרום זרם. (5 נקודות)

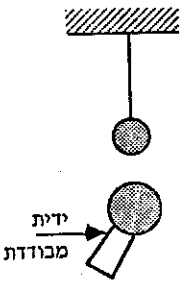
12. הרמה המעוררת הראשונה של אטומי הכספית היא 4.86 eV והרמה השנייה היא 6.67eV.
א. דרך אדי כספית מעבירים אלומה של אלקטרונים בעלי אנרגיה של 6eV.
באילו אנרגיות יצאו האלקטרונים מתוך אדי הכספית? (3 נקודות)
ב. מעבירים דרך אדי כספית פוטונים באנרגיה של 6eV. באילו אנרגיות יצאו
הפוטונים מתוך אדי הכספית? (2 נקודות)

13. גרעין הליום, ^4_2He , מואץ ממנוחה בהשפעת מתח של 10^4 V .
מהי המהירות אליה יגיע גרעין ההליום? (5 נקודות)

חלק ג' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 18 - 14.

14. כדור מוליך שרדיוסו $r = 1\ cm$ ומסתו $m = 2\cdot10^{-3}gr$ תלוי בקצה חוט העשוי מחומר מבודד.
טוענים את הכדור על־ידי חיבורו למקור מתח $V = 3\cdot10^{4}\ V$, ולאחר הטעינה מנתקים אותו מהמקור.
מביאים כדור מוליך שני, ניטרלי, שרדיוסו $R = 2cm$, במגע עם הכדור הטעון. לאחר המגע בין הכדורים מרחיקים אותם זה מזה (ראה תרשים).

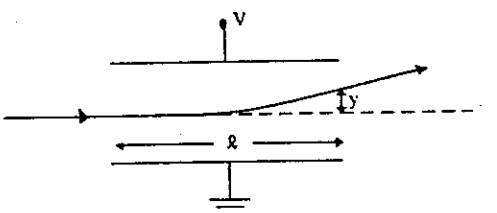


א. מהו המטען בכל אחד מהכדורים לאחר ניתוק המגע ביניהם? (14 נקודות)

ב. היכן, ובאיזה מרחק מהכדור התלוי יש להציב את הכדור השני, כדי שהמתיחות בחוט, שעליו תלוי הכדור הראשון, תשווה לאפס? (14 נקודות)

ג. בין שני הכדורים מכניסים לוח של חומר דיאלקטרי. האם יש להגדיל או להקטין את המרחק בין הכדורים כדי שהמתיחות בחוט תישאר אפס? נמק. (5 נקודות)

15. לפניך סרטוט המתאר את מהלכה של קרן אלקטרונים העוברת בין שני לוחות קבל אופקיים. המתח בין לוחות הקבל הוא V, אורך לוחות הקבל הוא ℓ. הקרן נכנסת לקבל בכיוון אופקי וסוטה מכיוונה, כך שבצאתה מהקבל הסטייה האנכית שלה מכיוונה ההתחלתי היא y.



א. מגדילים את המתח בין לוחות הקבל ל־ 2V . באיזו מידה משתנה:

1. הכוח הפועל על אלקטרון הנע בין חלוחות? (5 נקודות)
2. הזמן הדרוש לאלקטרון לעבור את המרחק ℓ ? (5 נקודות)
3. ההעתק האנכי y ? (5 נקודות)

ב. קרן האלקטרונים הוחלפה בקרן של יונים חיוביים. מצאו עתה שהסטייה y' קטנה מאוד. הצע שני שינויים במערכת הניסוי, אשר כל אחד מהם בנפרד יגרום להגדלת הסטייה y'. (10 נקודות)

ג. עבור אחת מהצעותיך בסעיף ב, חשב את גודל השינוי הנדרש על־מנת להגדיל את הסטייה y' פי 10 . (8 נקודות)

16. נתונה סוללה שהכא"מ שלה הוא ε והתנגדותה הפנימית היא r.

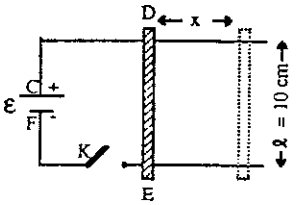
א. הראה כי ההספק המקסימלי, הניתן לניצול מסוללה זו, מתקבל בנגד שהתנגדותו שווה להתנגדותה הפנימית של הסוללה. (10 נקודות)

ב. מהו ההספק המקסימלי הניתן לניצול (בטא תשובתך באמצעות ε ו־ r)? (7 נקודות)

ג. מהי הנצילות של המעגל במקרה שבו ההספק המנוצל הוא מקסימלי? (8 נקודות)

ד. מהי ההתנגדות R של נגד המחובר לסוללה, אם ידוע כי ההספק המתפתח בו הוא מחצית ההספק המקסימלי הניתן לניצול (בטא תשובתך באמצעות r)? (8 נקודות)

17. אל מקור מתח שהכא"מ שלו הוא $\varepsilon = 5V$ והתנגדותו הפנימית זניחה, חוברו שני תיילי נחושת שהתנגדותם ליחידת אורך היא $\lambda = 0.04\ \Omega/m$. שני התיילים יוצרים מסילה אופקית שהמרחק בין פסיה הוא $\ell = 10cm$. על התיילים מונח מוט מוליך DE שמסתו $m = 10\ gr$. כל המערכת נמצאת בשדה מגנטי אחיד המאונך למישור המסילה ועוצמתו $B = 0.1T$. ההתנגדות של קטע המעגל CDEF היא $R_0 = 0.8\ \Omega$. עם סגירת המפסק K מתחיל המוט DE לנוע ימינה. מקדם החיכוך בינו לבין המסילה הוא $\mu = 0.5$ (ראה תרשים).



בהנחה שהכא"מ המושרה זניח:

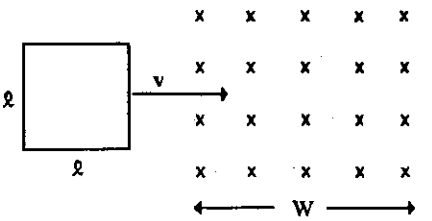
א. מהו כיוון השדה המגנטי? (3 נקודות)

ב. רשום ביטוי לעוצמת הזרם I במעגל החשמלי, כפונקציה של x - המרחק שעבר המוט DE ממקומו ההתחלתי. (2 נקודות)

ג. באיזה מרחק x תשווה תאוצת המוט לאפס? (4 נקודות)

ד. תאר במלים את תנועת המוט. (3 נקודות)

18. מתיל מוליך שהתנגדותו R בנו ריבוע שאורך צלעו ℓ. הריבוע מונע בכיוון אופקי במהירות קבועה v. בזמן $t = 0$ נכנס הריבוע לתוך שדה מגנטי אחיד B הניצב למישור הריבוע. השדה המגנטי משתרע לאורך אזור שרוחבו w. $w > \ell$ (ראה תרשים).



א. באילו שלבים של תנועת התיל ייווצר בו זרם, ומה יהיה כיוונו של הזרם? (3 נקודות)

ב. נתון כי: $\ell = 0.50\ m$

$w = 0.75\ m$

$v = 0.25\ m/s$

$R = 5.0\ \Omega$

$B = 2.0\ T$

סרטט גרפים מדויקים המתארים את התלות בזמן של:

1. השטף המגנטי ϕ_B דרך הריבוע. (3 נקודות)

2. עוצמת הזרם I בתיל (בחר זרם נגד כיוון הסיבוב של מחוגי השעון כזרם חיובי). (3 נקודות)

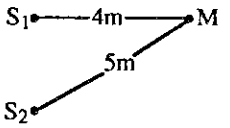
3. הכוח שיש להפעיל על התיל כדי שינוע במהירות הקבועה v (כוח הפועל ימינה ייחשב חיובי). (3 נקודות)

חלק ד' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

19. שני רמקולים זהים S_1 ו S_2 מחוברים לאותו מגבר. הרמקולים מפיקים גלי קול כדוריים שווי־מופע (שווי־פזה). בנקודה M , שמרחקה מ־ S_1 הוא 4m ומ־ S_2 5m , נמצא מיקרופון זעיר (ראה תרשים). מהירות הקול באוויר היא 340m/s.



מעלים בהדרגה את תדירות גלי הקול תוך כדי מדידת עוצמתם במיקרופון.

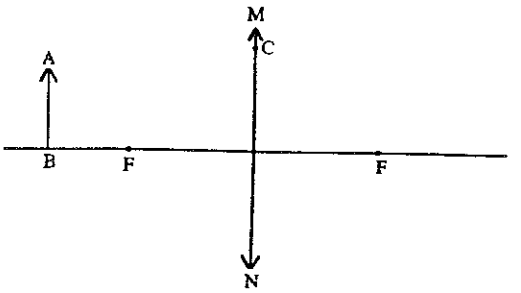
א. מהי התדירות הראשונה (הנמוכה ביותר) של הקולות המופקים משני הרמקולים, עבורה תיקלט במיקרופון M עוצמת קול מקסימלית? (10 נקודות)

ב. מהי התדירות הראשונה (הנמוכה ביותר) של הקולות המופקים משני הרמקולים, עבורה תיקלט במיקרופון M עוצמת קול מינימלית? (10 נקודות)

ג. האם עוצמת הקול במקרה של סעיף ב היא אפס? הסבר. (10 נקודות)

ד. כיצד ישתנו תשובותיך לסעיפים א ו ב, אם הרמקולים יהיו מחוברים כך שהקולות שהם יפיקו יהיו בהפרש מופע של $\frac{1}{2}$ (חצי מחזור)? הסבר. (20 נקודות)

20. עצם מאיר AB שגובהו 2cm ניצב על הציר האופטי במרחק 5cm מעדשה מרכזת דקה, שקוטרה MN = 6cm ומרחק המוקד שלה הוא 3cm (ראה תרשים).



א. הסבר את המשפט: "מרחק המוקד של עדשה הוא 3cm ". (5 נקודות)

ב. חשב את: 1. מרחק הדמות מן העדשה. (5 נקודות)

2. גובה הדמות. (5 נקודות)

ג. העתק את התרשים למחברתך ובנה את דמות העצם על־ידי סרטוט של מהלכי קרניים מתאימות.

האם הדמות ממשית או מדומה? הסבר. (10 נקודות)

סרטט בתרשים שבנית את מהלכה של קרן אור היוצאת מאמצע העצם והעוברת את העדשה בנקודה C. C היא נקודה על העדשה שמרחקה מן הציר האופטי הוא 2.5cm . (15 נקודות)

מכסים את המחצית העליונה של העדשה בבד אטום לאור.

האם יחול שינוי בדמות? אם לא - הסבר. אם כן - מהו השינוי? הסבר. (10 נקודות)

פרק שני - פיסיקה מודרנית

21. תלמיד אשר ביצע ניסוי לבדיקת האפקט הפוטו־אלקטרי רשם את תוצאות מדידותיו בטבלה:

λ (אורך הגל ב־Å)	4360	4700	5300	5890	6050
V (מתח העצירה בוולטים)	1.60	1.32	1.05	0.80	0.70

א. תאר, בעזרת תרשים, מערכת ניסויית לביצוע הניסוי, והסבר אותה. (20 נקודות)

ב. סרטט גרף של מתח העצירה כפונקציה של התדירות (בחר את קנה־המידה בהתחשב בדרישות הסעיף הבא). (15 נקודות)

ג. קבע על־פי הגרף את:

1. תדירות הסף.

2. פונקציית העבודה (אנרגיית הקשר) של הפוטו־קתודה.

3. קבוע פלנק .

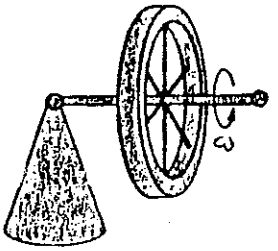
(15 נקודות)

22. א. ציין תכונה אחת המשותפת לפוטונים ולאלקטרונים, ותכונה אחת בה הם שונים.
תאר תופעות או ניסויים להדגמת דבריך. (30 נקודות)

ב. חשב את האנרגיה של פוטון אשר התנע שלו שווה לתנע של אלקטרון המואץ
ממנוחה על־ידי מתח של 1000 V . (20 נקודות)

פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

23. גלגל אופניים שמסתו $m = 500gr$ ורדיוסו $R = 30cm$ מסתובב במהירות זוויתית קבועה
$\omega = 200rad/s$ סביב ציר אופקי העובר במרכזו (ראה תרשים). הציר נתמך במרחק
$d = 20cm$ ממרכז הגלגל ומוחזק במצב מנוחה ביד. הנח כי מסת הגלגל מרוכזת כולה בהיקפו
ומסת הציר ניתנת להזנחה. ברגע מסוים מסלקים את היד.



א. תאר והסבר את תנועת הגלגל והציר
לאחר סילוק היד המחזיקה. (25 נקודות)

ב. חשב את מהירות הנקיפה הזוויתית
(הפרצסיה) הנוצרת וציין את כיוונה.
(25 נקודות)

24. מקצהו העליון של מישור משופע שאורכו ℓ וזווית השיפוע שלו α משתררים בו־זמנית
כדור מלא וגליל חלול דק בעלי מסות שוות m ורדיוסים שווים R. שני הגופים מתגלגלים
במורד המישור המשופע ללא החלקה.

א. איזה משני הגופים יגיע ראשון לתחתית המישור המשופע? נמק. (25 נקודות)

ב. מה תהיה המהירות הקווית של כל אחד משני הגופים בהגיעו לתחתית המישור
המשופע? (25 נקודות)

פרק רביעי - זרם חילופין

הערה: בפרק זה הערכים של מתח וזרם הם ערכים אפקטיביים.

.25

כאשר מחברים סליל השראות למקור מתח חילופין של 24V ו- 400 Hz, זורם במעגל זרם של 20A ומתפתח בו חום בקצב של 40W.

א. חשב את מקדם ההספק ($\cos\phi$) במעגל. (10 נקודות)

ב. מהו הקיבול C של קבל, אשר אם יחובר בטור לסליל ההשראות, יגדיל את מקדם ההספק ל- 1? (10 נקודות)

ג. מה תהיה עוצמת הזרם במעגל, ומה יהיה קצב פליטת החום בו לאחר חיבור הקבל? (20 נקודות)

ד. במקום לחבר את הקבל בטור לסליל ההשראות, מחברים אותו במקביל. מה יהיה במקרה זה קצב פליטת החום במעגל? (10 נקודות)

.26

אל מקור מתח חילופין של 12V מחוברים בטור קבל שקיבולו 2.5×10^{-10} F וסליל שהשראותו 10^{-4} H.

א. מהי תדירות התהודה של המעגל? (4 נקודות)

ב. נתון כי בתדירות הנמוכה ב- 10% מתדירות התהודה, הזרם במעגל הוא מחצית זרם התהודה. מהי ההתנגדות הכוללת של המעגל? (12 נקודות)

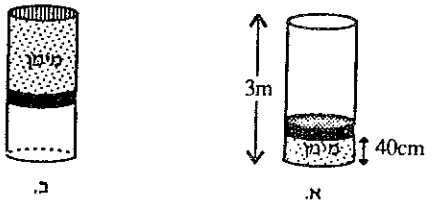
ג. מהו המתח על הקבל במקרה של תהודה? (8 נקודות)

ד. במצב של תהודה המתח על הסליל מקדים את הזרם בסליל ב- 88.18°.
מהי ההתנגדות R_L של הסליל? (12 נקודות)

ה. חשב את גורם האיכות Q של המעגל. הסבר את משמעותו הפיסיקלית של גורם האיכות. (14 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים

27. גליל עם בוכנה ניידת (ללא חיכוך) שמסתה 21kg מכיל 0.17gr מימן (H_2) בטמפרטורה של 27^oC. גובה הגליל 3m. כאשר הגליל עומד ישר (קרקעיתו מונחת על השולחן) גובה הבוכנה מעל קרקעית הגליל הוא 40cm ונפח הגז הוא $1400cm^3$ (ראה תרשים א).

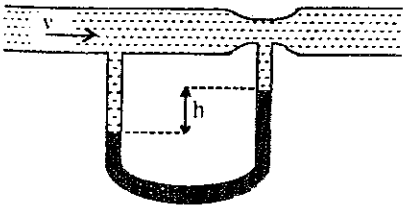


א. חשב את הלחץ האטמוספרי. (20 נקודות)

ב. הופכים את הגליל כך שקרקעיתו מופנית כלפי מעלה (ראה תרשים ב).
באיזה מרחק מקרקעית הגליל תימצא עתה הבוכנה? (15 נקודות)

ג. עד לאיזו טמפרטורה יש לחמם את המימן בגליל ההפוך (כשקרקעיתו כלפי מעלה, תרשים ב) כדי שהבוכנה תיפול מתוכו? (15 נקודות)

28. לפניך תרשים של צינור ונטורי המשמש למדידת מהירות זרימה v של נוזל שצפיפותו ρ. שטחי החתך של האזור הרחב ושל האזור הצר בצינור הם A ו- a בהתאמה; צפיפות הכספית במנומטר שצורתו U היא ρ'; הפרש הגבהים של הכספית במנומטר הוא h.



א. הסבר את פעולת המכשיר. (25 נקודות)

ב. הוכח כי h משתנה ביחס ישר (פרופורציוני) ל v^2. (25 נקודות)

ב ה צ ל ח ה !

ניסוי א: תנועת כדור בנוזל צמיג

חלק ראשון - תכנון וביצוע הניסוי (35 נקודות)

לרשותך עומדים לצורך ניסוי זה:

לפחות 15 כדורי פלדה, שנטבלו בגליצרין, בחמישה גדלים שונים - שלושה כדורים בקוטר 1 מ"מ, שלושה בקוטר 2 מ"מ, שלושה בקוטר 3 מ"מ, שלושה בקוטר 4 מ"מ ושלושה בקוטר 5 מ"מ;

משורה המכילה נוזל צמיג - גליצרין;

כפית מפלסטיק;

שעון עצר;

סרגל באורך 30 ס"מ;

4 גומיות שניתן להלבישן על המשורה לצורך סימון.

1. ידוע כי כדור פלדה, הנופל בנוזל צמיג, מגיע כעבור זמן קצר לתנועה שוות-מהירות.
תכנן ניסוי לבדיקת הטענה שתנועת כדור פלדה הנופל בגליצרין היא תנועה שוות-מהירות.
על הניסוי להתבסס על הציוד העומד לרשותך.
לפני תכנון הניסוי, שחרר כדור (ביד או בעזרת כפית) מנקודה מתחת לפני הגליצרין שבמשורה, כדי להתרשם מתנועת הכדור. שים לב: לא רצוי שהכדור יפול סמוך לדופן המשורה.
רשום במחברתך את המהלך המתוכנן של הניסוי.

2. בצע את הניסוי שתכננת. השתמש בכדור פלדה בקוטר 2 מ"מ.
רשום כיצד אתה מסיק שהתנועה היא שוות-מהירות.

3. מצא את המהירות הקבועה עבור כדור מכל גודל.
הכן טבלה הכוללת את המשתנים הבאים:
R - רדיוס הכדור;
v - המהירות הקבועה של הכדור;
משתנים נוספים הדרוש ם לך לחישוב המהירות הקבועה.

4. סרטט דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) המתארת את המהירות הכדורים (v) כפונקציה של רדיוסם (R).

5. מדיאגרמת הפיזור ניתן לשער כי: $v \propto R^x$.

מצא, על סמך מדידותיך ועל סמך דיאגרמת הפיזור, את x . הסבר כיצד עשית זאת.

חלק שני - ניתוח, מסקנות ושאלות (20 נקודות)

כדי להבין את תנועתו של הכדור בניסוי זה, יש להכיר שני חוקים פיסיקליים, שאולי אינם ידועים לך (בנוסף לחוקי פיסיקה אותם אתה מכיר):

חוק ארכימדס: על גוף השרוי בנוזל פועל כוח כלפי מעלה (הנקרא כוח עילוי); גודלו שווה למשקל הנוזל הנדחה על־ידי הגוף (במלים אחרות, גודלו שווה למשקל הנוזל שנפחו כנפח הגוף), והוא ניתן על־ידי הנוסחה:

$$F' = \rho V g$$

כאשר: F' - כוח העילוי

ρ - צפיפות הנוזל (מסה ליחידת נפח)

V - נפח הנוזל הנדחה על־ידי הגוף (או: נפח הגוף)

חוק סטוקס: כאשר כדור נע בנוזל, פועל עליו כוח מעכב, הפועל בניגוד לכיוון תנועת הכדור; גודלו ניתן על־ידי הנוסחה: $F'' = 6 \pi \mu R v$

כאשר: F'' - הכוח המעכב

v - מהירות הגוף

R - רדיוס הכדור

μ - קבוע (לנוזל מסוים) הנקרא "צמיגות הנוזל".

שים לב, נוסחה לחישוב נפח כדור: $V = \frac{4}{3} \pi R^3$

6. סרטט את כל הכוחות הפועלים על כדור (כדוגמת אחד הכדורים בניסוי) בזמן תנועתו כלפי מטה בנוזל.

7. מדוע כעבור זמן מסוים מגיע הכדור למהירות קבועה?

8. נסח קשר מתמטי בין כל הכוחות הפועלים על הכדור לאחר שהוא הגיע למהירות קבועה.

9. על־פי הקשר שמצאת בסעיף 8, מצא את x (החזקה של רדיוס הכדור R כך ש: $v \propto R^x$) . השווה את ערך x שקיבלת בסעיף זה לערך שקיבלת בסעיף 5. ציין סיבות אפשריות להבדל בין התוצאות.

ניסוי ב: השדה המגנטי של תיל ישר וארוך

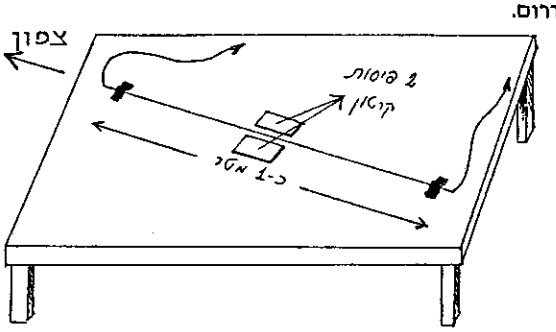
חלק ראשון - בניית המערכת הניסויית (10 נקודות)

לרשותך עומדים לצורך ניסוי זה:

תיל שאורכו 2-3 מטר, מצפן, סרטי הדבקה, פיסות קלקר שעל אחת מהן מסורטט קו ישר, פיסות קרטון, מקור מתח, נגד משתנה, אמפרמטר, סרגל שאורכו כ- 30 ס"מ, סרגל שאורכו 1 מטר.

א. מתח את התיל על השולחן בכיוון צפון-דרום, והצמד קטע מהתיל באורך כ- 1 מטר לשולחן באמצעות 2 סרטי הדבקה, כמתואר בתרשים.

הערה: אם השולחן מונח כך שהכיוון צפון-דרום הינו לרוחב השולחן, סובב את השולחן כך שאורכו יהיה בכיוון צפון-דרום. אם אין אפשרות לסובב את השולחן, הצמד את התיל לסרגל שאורכו כ- 1 מטר, והצמד את הסרגל לשולחן בעזרת 2 סרטי הדבקה, כך שהסרגל והתיל יהיו בכיוון צפון-דרום.



ב. בנה מעגל חשמלי בו מחוברים הרכיבים החשמליים הבאים בטור למקור מתח: נגד משתנה, אמפרמטר והתיל המוליך (המוזכר בסעיף א).

ג. התאם את הרכיבים כך שהאמפרמטר יורה על זרם שעוצמתו כ- 3-4 אמפר, וכבה את מקור המתח.

ד. הצב 2 פיסות קרטון לצדי התיל בקטע הנמצא בערך באמצע בין שתי נקודות ההדבקה (ראה תרשים). הערה: אם הצמדת את התיל לסרגל, תצטרך אולי להשתמש במספר גדול יותר של פיסות קרטון.

ה. הנח פיסת קלקר (עליה מסורטט קו ישר) על פיסות הקרטון ועל התיל, כך שהקו המסורטט על הקלקר יהיה מקביל לתיל החשמלי ויימצא מעליו. הנח את המצפן על הקלקר כך שהשנתות 0° ו- 180° תהיינה במדויק מעל הקו.

שים לב: התיל (כשלא עובר בו זרם) צריך להיות מכוון בכיוון מחט המצפן.

חלק שני - ביצוע הניסוי (25 נקודות)

1. סרטט במחברתך את המעגל החשמלי שבנית. רשום את קריאת האמפרמטר.

2. הכן טבלה שבה תוכל להכניס את הנתונים הבאים:

n - מספר פיסות הקלקר עליהן נמצא המצפן;

α_1 - זווית הסטייה של הקוטב הצפוני של מחט המצפן במגמת סיבוב מחוגי השעון;

α_2 - זווית הסטייה של הקוטב הצפוני של מחט המצפן נגד מגמת סיבוב מחוגי השעון;

$\bar{\alpha}$ - זווית ממוצעת בין α_1 ו- α_2;

$\frac{1}{tg\bar{\alpha}}$.

3. הפעל את מקור המתח כך שהקוטב הצפוני של מחט המצפן יסטה במגמת סיבוב מחוגי השעון. רשום בטבלה את זווית הסטייה α_1 .

4. בצע פעולה שתגרום לכך שהקוטב הצפוני של מחט המצפן יסטה נגד מגמת סיבוב מחוגי השעון בהשפעת הזרם. רשום בטבלה את זווית הסטייה α_2 .

5. רשום במחברתך מהי הפעולה שביצעת בסעיף 4 .

6. הוסף פיסת קלקר נוספת (מתחת לפיסת הקלקר עליה מונח המצפן), וחזור על סעיפים 3 ו- 4.

7. הוסף פיסות קלקר נוספות (סה"כ עד 5 פיסות), וחזור על סעיפים 3 ו- 4 לכל הגבהה של המצפן.

8. השלם בטבלה את הערכים של $\bar{\alpha}$! $\frac{1}{tg\bar{\alpha}}$ וסרטט גרף של $\frac{1}{tg\bar{\alpha}}$ כפונקציה של n (מספר פיסות הקלקר).

חלק שלישי - ניתוח, מסקנות ושאלות (20 נקודות)

שים לב, נוסחת חישוב עוצמת שדה מגנטי בקרבת תיל ישר וארוך הנושא זרם:

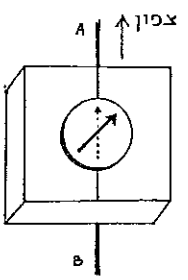
$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{i}{d}$$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ביחידות S.I.

9. מדוע, לדעתך, ניתנה ההנחיה למדוד את זווית הסטייה פעמיים: פעם כשהסטייה היא במגמת סיבוב מחוגי השעון ופעם כשהסטייה היא נגד מגמת סיבוב מחוגי השעון?

10. בחלק הראשון נאמר, שיש להעמיד את המצפן בערך באמצע בין שתי נקודות ההדבקה. מדוע הממצאים יכולים להיות שונים, אם המצפן יוצב סמוך לאחת מנקודות ההדבקה?

11. התרשים שלפניך מתאר את מצב מחט המצפן כאשר עובר זרם בתיל (הקו המקווקו מתאר את כיוון המחט כאשר לא עובר זרם בתיל). העתק את התרשים למחברתך, וסרטט את וקטורי השדות המגנטיים הפועלים על מחט המצפן.



12. האם הזרם בתיל, המתואר בתרשים, עובר מ- A ל- B או מ- B ל- A? נמק.

13. מניחים את המצפן במרחק לא גדול מן התיל, כך שמחוג המצפן הוא בגובה התיל, ומעבירים זרם בתיל. האם במקרה זה תסטה מחט המצפן מכיוון צפון-דרום? הסבר.

14. האם הגרף שהתקבל (בסעיף 8) עובר דרך ראשית הצירים? הסבר.

15. הסבר מדוע תומכים ממצאי הניסוי בעובדה הידועה, שעוצמת שדה מגנטי הנוצר על־ידי זרם בתיל ישר וארוך, בנקודה מסוימת, נמצאת ביחס הפוך למרחק הנקודה מהתיל.

16. חשב, על־פי תוצאות הניסוי, את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור־הארץ.

17. אילו היית חוזר בדייקנות על הניסוי במקום גיאוגרפי אחר, האם ערכי הזוויות שהתקבלו היו זהים לערכים שהתקבלו כאן? נמק.

תשובות סופיות - מבחן 1989

1. ב. פרבולה ג. $v_0 = 1.5\ \frac{m}{sec}$; $v_D = 5.22\ \frac{m}{sec}$

2. א. $U = 5.14\ \frac{m}{sec}$ ב. $U = -1.71\ \frac{m}{sec}$ ג. תקטן. ד. ללא שינוי

3. א. $v = 4\ \frac{m}{sec}$ ב. $T = 3\ N$ ג. $\alpha = 41^0 24'$

4. א. תנועה הרמונית ב. $t = 0.157\ sec$ ג. $v = 2\ \frac{m}{sec}$

ד. $a = 20\ \frac{m}{sec^2}$ ה. עבודה

5. א. $X = 54\ R$ ב. $E = 0.979 \cdot m \cdot g \cdot R$

6. תאוצות לא שוות

7. נורה A מאירה רק המצב א'.
נורה B מאירה במצב א' ומאירה יותר במצב ב' .
נורה C מאירה רק במצב ב'.

8. לא נכונה

12. $E = 6\ eV\ ;\ 1.14\ eV\ ;\ 4.19\ eV$

13. $v = 9.788 \cdot 10^5\ \frac{m}{sec}$

14. א. $Q_1 = 1.11 \cdot 10^{-8}\ C\ ;\ Q_2 = 2.22 \cdot 10^{-8}\ C$ ב. $R = 0.33\ m$

15. א. (1) הכח גדל פי שניים. (2) זמן התנועה לא משתנה.
(3) ההעתק האנכי גדל פי שניים.

16. ב. $P = \frac{\epsilon^2}{4 \cdot r}$ ג. $\eta = 50\%$ ד. $R_1 = 5.828 \cdot r\ ;\ R_2 = 0.172 \cdot r$

17. א. לתוך הדף. ב. $I = \frac{5}{0.8 + 0.08 \cdot X}$ ג. $X = 2.5\ m$

.19 א. $f = 340\ Hz$ ב. $f = 170\ Hz$

ג. מכסימום ב- 170 Hz מינימום ב- 340 Hz

.20 ב. $(1)\ v = 7.5\ cm \quad (2)\ y = -3\ cm$

.21 ג. $\nu = 3.2 \cdot 0^{14}\ Hz \quad ; \quad B = 1.5\ eV \quad h = 7.5 \cdot 10^{-34}\ J \cdot sec$

.22 ב. $E = 5.119 \cdot 10^{-15}\ J \approx 32\ KeV$

.23 ב. $\Omega = 0.11\ \frac{rad}{sec}$

.24 ב. $v_{\text{כדור}} = \sqrt{\frac{10 \cdot g \cdot l \cdot \sin(\alpha)}{7}} \qquad v_{\text{גליל}} = \sqrt{g \cdot l \cdot \sin(\alpha)}$

.25 א. $\cos(\phi) = 0.083$ ב. $C = 3.3 \cdot 0^{-4}\ F$

ג. $I = 240\ A\ ;\ P = 5760\ W$ ד. $P = 40\ W$

.26 א. $f = 10^6\ Hz$ ב. $Z = 154.2\ \Omega$ ג. $V_C = 98.5\ V$

ד. $R_L = 20.1\ \Omega$ ה. $Q = 8.2$

.27 א. $P = 9.136 \cdot 10^5\ \frac{dyne}{cm^2}$ ב. $h = 193\ cm$ ג. $T = 193^0 C$

.28 $$h = \frac{v_2^2 \cdot \left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}\right) \cdot \rho}{2 \cdot \rho'}$$

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. נמצא את מהירות הכדור משיקולי אנרגיה. (זוהי האפשרות היחידה שאנחנו מכירים כי התנועה היא לא תנועה שוות מהירות!)
בנקודה A האנרגיה כולה היא פוטנציאלית, ובנקודה B האנרגיה כולה קינטית.

$$E_A = E_B$$

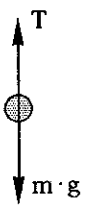
$$m \cdot g \cdot h_A = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2$$

הגובה הוא אורך החוט: $h_A = 80\ cm = 0.8\ m$

נצמצם את המסה ונבודד את המהירות:

$$v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_A} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.8} = 4\ \frac{m}{sec}$$

ב. הכדור נע בתנועה מעגלית. הכוחות הפועלים עליו הם המתיחות T והמשקל mg. שקול הכוחות לא שווה לאפס!! אלא לכח הצנטריפטלי.



$$\Sigma F = m \cdot a_R = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

הכוחות הפועלים הם המתיחות והמשקל ולכן: $\Sigma F = T - m \cdot g = m \cdot \frac{v^2}{R}$

$$T = m \cdot (g + \frac{v^2}{R}) = 0.1 \cdot (10 + \frac{4^2}{0.8}) = 3\ N$$

ג. נמצא קודם כל את מהירות הגוף B לאחר ההתנגשות האלסטית.
נשתמש לשם כך בנוסחת שימור התנע:

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2$$

ונוסחת ההתנגשות האלסטית הנובעת ממשוואת שימור האנרגיה הקינטית: $v_2 - v_1 = u_1 - u_2$

הנתונים הם: $v_1 = 4\ \frac{m}{sec}$; $v_2 = 0$; $m_1 = 0.1\ kg$; $m_2 = 0.3\ kg$

המשוואות הן:

$$(1)\ \ 0.1 \cdot 4 + 0.3 \cdot 0 = 0.1 \cdot u_1 + 0.3 \cdot u_2 \qquad (2)\ \ 0 - 4 = u_1 - u_2$$

והפיתרון לשתי המשוואות בשני הנעלמים הוא:

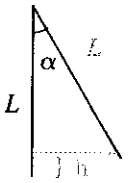
$$u_1 = -2\,\frac{m}{sec}\ ; \qquad u_2 = 2\,\frac{m}{sec}$$

מהירותו של הגוף B היא, לכן: $2\,\frac{m}{sec}$. את הגובה נמצא שב [illegible] אנרגיה. בנקודה B כל האנרגיה קינטית ובנקודה S כל האנרגיה פוטנציאלית:

$$E_B = E_S$$

$$\frac{1}{2}\,m\cdot v_B^2 = m\cdot g\cdot h_S$$

$$h_S = \frac{v_B^2}{2\cdot g} = \frac{2^2}{2\cdot 10} = 0.2\ m$$



על הקשר בין הגובה והזווית ניתן ללמוד מהציור: $h = L - L\cdot\cos(\alpha)$

ולכן:

$$\cos(\alpha) = \frac{L-h}{L} = \frac{0.8-0.2}{0.8} = 0.75$$

$$\alpha = 41^{o}24'$$

ד. הגובה המירבי יהיה קטן מן הגובה ממנו שוחרר הגוף.
ניתן להסביר זאת בעזרת שיקולי אנרגיה. בנקודה המירבית המהירות לא תהיה לגוף מהירות אפס, כי תישאר לו מהירות אופקית שאיתה התחיל את התנועה החופשית בזריקה משופעת, ואיתה הוא נשאר כאמור כל התנועה כי לא פועל עליו כח אופקי.

משום כך, סך כל האנרגיה שהיה בנקודה הראשונה אנרגיה פוטנציאלית, יהיה מחולק בנקודה המירבית החדשה לאנרגיה קינטית ולאנרגיה פוטנציאלית, כך שברור שהגובה החדש נמוך יותר.

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. הגוף נע בתנועה הרמונית פשוטה.
תנועה הרמונית פשוטה מוגדרת כתנועה שבה מתקיים קשר לינארי שלילי בין ההעתק X והכח F : $F = -K\cdot X$. זהו בדיוק הקשר המתואר בגרף.

ב. זמן זה הוא רבע זמן מחזור. כדי למצוא את זמן המחזור נמצא קודם כל את קבוע התנועה K וזאת בעזרת נקודה אחת בגרף. למשל:

$X = 0.2\ m\ ;\ F = -8\ N$

נציב ונקבל:

$$K = \frac{-F}{X} = \frac{-(-8)}{0.2} = 40\,\frac{N}{m}$$

זמן המחזור בתנועה הרמונית (ולא רק בקפיץ שיש לו קבוע קפיץ K) הוא:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{K}}$$

ולכן הזמן שחולף מן הנקודה הקיצונית ועד למרכז הוא:

$$t = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{0.4}{40}} = 0.157\ \text{sec}$$

ג. בנקודה X=0 מהירות הגוף מכסימלית. הנוסחה למהירות בכל רגע t היא:

$$v = \omega A\cdot\cos(\omega t)$$

ולכן המהירות המכסימלית היא:

$$v_{max} = \omega\cdot A = \frac{2\cdot\pi}{T}\cdot A = \frac{2\cdot\pi}{0.628}\cdot 0.2 = 2\ \frac{m}{sec}$$

ד. מכיוון שבכל נקודה מתקיים הקשר: $F = -K\cdot X$ הרי שהתאוצה היא:

$$a = \frac{F}{m} = -\frac{K}{m}\cdot X$$

התאוצה המכסימלית היא: $a_{max} = \frac{K}{m}\cdot A = \frac{40}{0.4}\cdot 0.2 = 20\ \frac{m}{sec^2}$

ה. שטח הכלוא בגרף הוא האינטגרל של הפונקציה. במקרה שלנו השטח הוא: $\int F\cdot dX$.

זוהי העבודה הנעשית ע"י הכח F בזמן תנועת הגוף מן הקצה אל המרכז. עבודה זו שווה לאנרגיה הכלואה במערכת.

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. בנקודה O שקול הכוחות שווה לאפס. $F_e = F_m$

$$\frac{G\cdot M_1\cdot m}{R_1^2} = \frac{G\cdot M_2\cdot m}{R_2^2}$$

נסמן את R_1 ב- $\overline{M_1O}$ ואת R_2 ב- $\overline{d-M_1O}$. נציב גם את הנתון:

$$M_2 = \frac{M_1}{81}$$

נצמצם את G, M_1 ו- m ונקבל: $\frac{1}{\overline{M_1O}^{\,2}} = \frac{1}{81\cdot(d-M_1O)^2}$

נוציא שורש ונבודד את $\overline{M_1O}$: $\overline{M_1O} = \frac{9}{10}\cdot d = \frac{9}{10}\cdot 60\cdot R = 54\cdot R$

ב. האנרגיה המינימלית היא האנרגיה שתגרום לחללית להגיע אל הנקודה במהירות אפס. כל האנרגיה בנקודה זו תהיה לכן פוטנציאלית בלבד.

האנרגיה E שמעניקים לחללית על פני כדור הארץ היא אנרגיה קינטית המצטרפת אל האנרגיה הפוטנציאלית שקיימת בנקודה. שוויון האנרגיה הוא:

$$E_A = E_O$$

$$\frac{-G\cdot M_1\cdot m}{R} + \frac{-G\cdot M_2\cdot m}{59R} + E = \frac{-G\cdot M_1\cdot m}{54R} + \frac{-G\cdot M_2\cdot m}{6R}$$

$$E = \frac{-G\cdot M_1\cdot m}{R}\cdot\left(\frac{1}{54} + \frac{1}{81\cdot 6} - 1 - \frac{1}{80\cdot 59}\right) = \frac{0.979\cdot G\cdot M_1\cdot m}{R}$$

מכיוון שנתבקשנו לבטא את התשובה באמצעות g נשתמש בעובדה שעל פני כדור הארץ מתקיים: $m\cdot g = \frac{G\cdot M_1\cdot m}{R^2}$ ומכאן: $\frac{G\cdot M_1}{R} = g\cdot R$.

נציב ונקבל: $E = 0.979\cdot m\cdot g\cdot R$

ד. ארבעה איברים היו בחישוב האנרגיה. אחד מן האיברים $\frac{1}{80\cdot 59}$ שווה ל- $2.1\cdot 10^{-4}$ שהם 0.021% מהערך הכללי של האנרגיה. איבר זה נגרם עקב השפעת הירח על גוף הנמצא על פני כדור הארץ וניתן להזנחה בדיוק של 99.9%.

פיתרון מספר 6 - שאלון השלמה

תאוצות הגוף לא זהות. בשני המיקרים הכח השקול המושך את המערכת הוא 10 N, אבל במקרה א' הוא מושך מסה של m ובמקרה השני מסה גדולה יותר של m בתוספת w/g. לכן התאוצה במקרה השני קטנה יותר.

פיתרון מספר 7 - שאלון השלמה

לפני שהמפסקים נסגרים זהו מעגל טורי פשוט. דרך A ודרך B זורם זרם זהה ודרך C לא זורם זרם כלל.

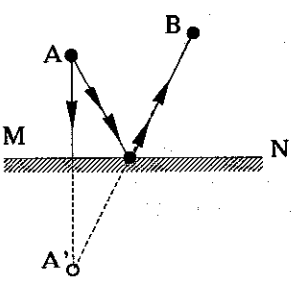
כדי לחשב את עוצמת הזרם נסמן את מקור המתח ב- ϵ ונקבל: $I = \frac{\epsilon}{2R}$

לאחר סגירת המפסקים מקוצרת נורה A, זאת אומרת שלא זורם דרכה זרם כלל.
שתי הנורות B ו- C מחוברות שתיהן במקביל למקור המתח כך שבשתיהן זורם זרם שווה של: $I = \frac{\epsilon}{R}$. זהו זרם הגדול פי שניים מן הזרם שזרם במעגל לפני סגירת המפסקים.
נורה A מאירה רק המצב א'.
נורה B מאירה במצב א' ומאירה יותר במצב ב' (היא מאירה פי 4 כי עוצמת הזרם גדולה פי שניים וההספק תלוי בריבוע הזרם $P = I^2 \cdot R$)
נורה C מאירה רק במצב ב'.

פיתרון מספר 8 - שאלון השלמה

ליקוי לבנה מתרחש כאשר כדור הארץ נמצא בין הירח והשמש. במצב זה אמור הירח להיות מואר במלואו, והדבר מתרחש באמצע חודש עברי ולא בתחילתו כך שהידיעה היא שיקרית.

פיתרון מספר 9 - שאלון השלמה



אם האור מגיע מן הנקודה A לנקודה B הרי ששם נראית הדמות של A - A' .
הדמות נמצאת במרחק זהה למרחק של A מן המראה, בקו המאונך ל- MN. לאחר מציאת הדמות מעבירים קו דמיוני אל B ונקודת החיתוך עם המראה היא נקודת פגיעת קרן האור מ- A במראה (C).
נשאר רק להמשיך את הקרן עד ל- B .

פיתרון מספר 10 - שאלון השלמה

שני המקורות חייבים להיות בהפרש מופע של מחצית זמן מחזור. הסיבה היא שהאנך האמצעי נמצא במרחק שווה משני המקורות, וכדי ליצור התאבכות הורסת (קו צומת) יש ליצור הפרש של מחצית אורך גל. מכיוון שההפרש לא נוצר על ידי הפרש דרכים הוא חייב להיווצר על ידי הפרש זמנים.

פיתרון מספר 11 - שאלון השלמה

לא זורם זרם במעגל מכיוון שהאנרגיה של כל פוטון של אור ירוק קטנה מאנרגית הקשר של האלקטרונים במתכת הקתודה. כדי להעלות את האנרגיה של הפוטונים הפוגעים יש להגדיל את התדירות שלהם עד מעבר לתדירות הסף של המתכת.

פיתרון מספר 12 - שאלון השלמה

א. האלקטרון החופשי יכול למסור חלק מן האנרגיה שלו תוך כדי תנועתו. יש לאלקטרון מספיק אנרגיה כדי למסור אותה לאלקטרון קשור ולהעלותו לרמה המעוררת הראשונה, אבל אין לו מספיק אנרגיה כדי להעלותו ישירות לרמה המעוררת השניה.

לכן, האלקטרון החופשי יצא, לרוב, מתוך אדי הכספית עם אחת משתי האנרגיות הבאות:

אם ימסור אנרגיה אז יצא עם: $6\ eV - 4.86\ eV = 1.14\ eV$

ואם לא ימסור בכלל אנרגיה (אפשרות זו תמיד קיימת) יצא עם $6\ eV$.

קיימת גם סבירות נמוכה מאד שהאלקטרון יעורר אלקטרון הנמצא ברמה המעוררת הראשונה לרמה המעוררת השניה. במקרה זה יצא האלקטרון עם אנרגיה של:

$$6\ eV - (6.67\ eV - 4.86\ eV) = 4.19\ eV$$

ב. הפוטונים אינם יכולים למסור חלק מן האנרגיה שלהם, ומכיוון שהאנרגיה שלהם אינה מתאימה בדיוק להפרש רמות אנרגיה של האלקטרון הקשור, הם יצאו כולם עם האנרגיה של $6\ eV$ שאיתה נכנסו.

פיתרון מספר 13 - שאלון השלמה

הגרעין הופך אנרגיה פוטנציאלית חשמלית qV לאנרגיה קינטית $\frac{1}{2}mv^2$:

$$q \cdot V = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \qquad v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot V}{m}}$$

הנתונים של גרעין ההליום הם:

מסה - $m = 4 \cdot m_p = 4 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} = 6.68 \cdot 10^{-27}\ kg$

מטען - $q = 2 \cdot q_p = 2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 3.2 \cdot 10^{-19}\ C$

לכן המהירות היא:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot V}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3.2 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4}{6.68 \cdot 10^{-27}}} = 9.788 \cdot 10^5\ \frac{m}{sec}$$

פיתרון מספר 14 - חשמל

א. נמצא קודם כל את המטען שנצבר בכדור בזמן החיבור למקור המתח.

$$V = K \cdot \frac{Q}{R} \quad \Longrightarrow \quad Q = V \cdot \frac{R}{K} = 3 \cdot 10^4 \cdot \frac{0.01}{9 \cdot 10^9} = 3.33 \cdot 10^{-8}\ C$$

בזמן חיבור שני הכדורים הם מחוברים במקביל כי המתח עליהם שווה.

קיבול כדור הוא: $C = \frac{Q}{V} = \frac{R}{K}$

הקיבול השקול הוא:

$$C_T = C_1 + C_2 = \frac{R_1}{K} + \frac{R_2}{K} = \frac{0.01 + 0.02}{9 \cdot 10^9} = 3.33 \cdot 10^{-12}\ F$$

המתח על הכדורים הוא: $V = \frac{Q}{C} = \frac{3.33 \cdot 10^{-8}}{3.33 \cdot 10^{-12}} = 10{,}000\ V$

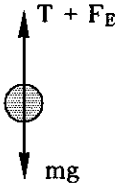
המטען על כל כדור הוא:

$$Q_1 = V \cdot \frac{R_1}{K} = 10{,}000 \cdot \frac{0.01}{9 \cdot 10^9} = 1.11 \cdot 10^{-8}\ C$$

$$Q_2 = V \cdot \frac{R_2}{K} = 10{,}000 \cdot \frac{0.02}{9 \cdot 10^9} = 2.22 \cdot 10^{-8}\ C$$

לביקורת נבדוק שאכן: $Q_1 + Q_2 = Q$

ב. הכוחות הפועלים על הכדור הם:
הגוף בשיווי משקל כך ששקול הכוחות עליו שווה לאפס. הכח החשמלי הוא כח דחיה ולכן הכדור ימצא מתחת לכדור הקשור.



$\Sigma F = 0$

$T + F_E - m \cdot g = 0$

כאשר המתיחות שווה לאפס שווה הכח החשמלי למשקל הגוף.

$$F_E = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2} = m \cdot g$$

$$R = \sqrt{\frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{m \cdot g}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 1.11 \cdot 10^{-8} \cdot 2.22 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 10}} = 0.33 \text{ m}$$

ג. הכנסת חומר דיאלקטרי גורמת להקטנת K, וזאת מכיוון ש- K הוא בעצם קיצור ל- $\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r}$ ולא יותר.

כאשר יש אויר $\epsilon_r = 1$ וכאשר יש חומר דיאלקטרי $\epsilon_r > 1$.
אם נסתכל בביטוי שקיבלנו ל- R נראה שהקטנת K גורמת להקטנת R.

פיתרון מספר 15 - חשמל

א. (1) הכח הפועל על האלקטרון בין לוחות הקבל הוא: $F = q \cdot E = q \cdot \frac{V}{d}$
הגדלת המתח פי שניים תגרום להגדלת הכח פי שניים.

(2) הזמן הדרוש לעבור את המרחק l תלוי רק במהירות ההתחלתית בכיוון X ולכן לא ישתנה עקב הגדלת המתח.

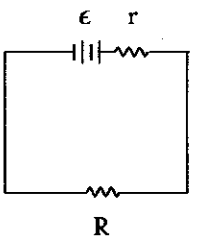
(3) בכיוון השדה החשמלי התנועה היא תנועה שוות תאוצה ממהירות אפס. ראינו שהגדלת המתח פי שניים גורמת להגדלת הכח פי שניים ולכן גם להגדלת התאוצה פי שניים.
זמן התנועה לא משתנה ולכן אם y נתון בביטוי:
$y = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$ אז ההעתק האנכי יגדל פי שניים.

ב. הגדלת הסטיה יכולה להיגרם על ידי :
1. הגדלת המתח החשמלי הגורם להגדלת התאוצה.
2. הקטנת המרחק בין הלוחות הגורם להגדלת התאוצה.
3. הארכת הלוחות הגורם להגדלת זמן השהיה בין הלוחות.
4. הקטנת מהירות הכניסה של היונים החיוביים הגורם להגדלת זמן השהיה בין הלוחות.

ג. ראינו בסעיף א' שהתאוצה נמצאת ביחס ישר להעתק האנכי כל עוד שזמן התנועה לא משתנה, לכן הגדלת המתח פי 10 תגרום להגדלת הסטיה פי 10, והקטנת המרחק בין הלוחות פי 10 תגרום גם היא להגדלת הסטיה פי 10.

התלות בזמן היא ריבועית. מספיק להגדיל את זמן השהיה ב- $\sqrt{10}$ כדי שההעתק האנכי יגדל פי 10. לכן, הארכת הלוחות ב- $\sqrt{10}$ או הקטנת מהירות היונים ב- $\sqrt{10}$ יגרמו להגדלת הסטיה פי 10.

פיתרון מספר 16 - חשמל



א. נסתכל על מעגל שכל התנגדותו החיצונית מרוכזת בנגד אחד R.

הזרם במעגל הוא: $I = \frac{\epsilon}{R+r}$

ההספק המנוצל במעגל הוא ההספק של ההתנגדות החיצונית:

$$P = I^2 \cdot R = \left(\frac{\epsilon}{R+r}\right)^2 \cdot R$$

כדי למצוא את ההספק המכסימלי צריך לגזור את הפונקציה P לפי המשתנה R ולהשוותה לאפס. זאת כדי למצוא מהו R שיגרום למכסימום ב- P.

$$P' = 2 \cdot \left(\frac{\epsilon}{R+r}\right) \cdot \left(\frac{-\epsilon}{(R+r)^2}\right) \cdot R + \left(\frac{\epsilon}{R+r}\right)^2 \cdot 1 = 0$$

נצמצם $\frac{\epsilon^2}{(R+r)^2}$ ונקבל: $-2 \cdot \frac{R}{R+r} + 1 = 0$

מכאן: $R = 0.5 \cdot (R+r)$ ולכן: $R = r$

כדי לבדוק שזהו מכסימום עלינו לבדוק האם הנגזרת השניה שלילית. נעשה מכנה משותף לנגזרת הראשונה, ונגזור את המונה בלבד (המכנה הוא חיובי).

$$P' = \frac{\epsilon^2 \cdot [(R+r) - 2 \cdot R]}{(R+r)^3} = \frac{\epsilon^2 \cdot [r - R]}{(R+r)^3}$$

נגזרת המונה היא (-1) ולכן זהו מכסימום.

ב. נציב בביטוי ל- P את הערך r במקום הערך R ונקבל:

$$P_{max} = \left(\frac{\epsilon}{r+r}\right)^2 \cdot r = \frac{\epsilon^2}{4 \cdot r}$$

ג. הנצילות היא היחס בין ההספק שהופק (בנגד החיצוני) לבין ההספק שהושקע (גם בנגד החיצוני וגם בפנימי).

$$\eta = \frac{\text{הספק מופק}}{\text{הספק מושקע}} = \frac{I^2 \cdot R}{I^2 \cdot R + I^2 \cdot r} = \frac{R}{R + r}$$

במקרה בו ההספק המופק הוא מכסימלי הנצילות היא: $\eta = \frac{r}{r+r} = 0.5$

זאת אומרת שנצילות המעגל במקרה זה היא 50% .

(כמובן שזו לא הנצילות המכסימלית, אלא רק הנצילות כשהספק המופק מכסימלי. הנצילות המכסימלית מתקיימת כאשר ההתנגדות הפנימית שווה לאפס.)

ד. ההספק המתפתח בנגד הוא: $P = 0.5 \cdot P_{max} = \frac{\epsilon^2}{8 \cdot r}$

הזרם הזורם בנגד הוא: $I = \frac{\epsilon}{R+r}$

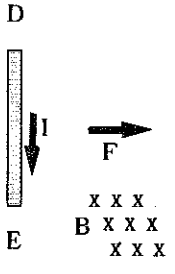
ומכאן, אם נשתמש בנוסחת ההספק $P = I^2 \cdot R$ נקבל:

$$\frac{\epsilon^2}{8 \cdot r} = \left(\frac{\epsilon}{R+r}\right)^2 \cdot R \quad \Longrightarrow \quad (R + r)^2 = 8 \cdot r \cdot R$$

קיבלנו משוואה ריבועית: $R^2 - 6 \cdot r \cdot R + r^2 = 0$

$$R = \frac{6 \cdot r \pm \sqrt{36 \cdot r^2 - 4 \cdot r^2}}{2} \Longrightarrow R_1 = 5.828 \cdot r \quad ; \quad R_2 = 0.172 \cdot r$$

פיתרון מספר 17 - חשמל



א. הזרם זורם במוט המוליך מ- D ל- E והוא גורם לכח ימינה.
בעזרת כלל יד ימין (ארבע אצבעות מ- I ל- B הבוהן מראה את כיוון הכח) נמצא שכיוון השדה המגנטי הוא אל תוך הדף.

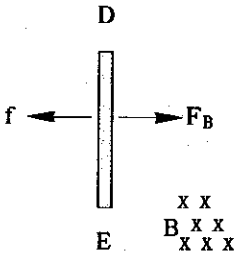
ב. הזרם משתנה בגלל השתנות ההתנגדות. ברגע הראשון ההתנגדות היא $0.8\ \Omega$.

ההתנגדות בכל מרחק היא: $R = 0.8 + 2 \cdot X \cdot \lambda$

ולכן הזרם הוא:

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{\epsilon}{0.8 + 2 \cdot X \cdot \lambda} = \frac{5}{0.8 + 2 \cdot X \cdot 0.04} = \frac{5}{0.8 + 0.08 \cdot X}$$

ג. הכוחות הפועלים על התיל הם שניים: הכח המגנטי עקב הזרם (F_B) וכח החיכוך (f)



כח החיכוך הוא קבוע: $f = \mu \cdot m \cdot g$

הכח המגנטי הוא: $F = B \cdot I \cdot L = \frac{B \cdot \epsilon \cdot L}{R}$

משוויון הכוחות נובע:

$$\frac{B \cdot \epsilon \cdot L}{0.8 + 2 \cdot X \cdot \lambda} = \mu \cdot m \cdot g$$

נבודד את X ונקבל:

$$X = \frac{B \cdot \epsilon \cdot L}{2 \cdot \lambda \cdot \mu \cdot m \cdot g} - \frac{0.8}{2 \cdot \lambda} = \frac{0.1 \cdot 5 \cdot 0.1}{2 \cdot 0.04 \cdot 0.5 \cdot 0.01 \cdot 10} - \frac{0.8}{2 \cdot 0.04} = 2.5\,m$$

ד. הכח המגנטי הולך וקטן ככל שהמרחק גדל, ולכן גם הכח השקול הולך וקטן עם המרחק. התאוצה הולכת וקטנה עד שבשלב מסוים (לאחר 2.5m) היא מתאפסת והופכת אחר כך לשלילית כך שהגוף מתחיל להאיט בתאוטה שהולכת וגדלה כי השפעת החיכוך הולכת וגדלה, עד לעצירה.

פיתרון מספר 18 - חשמל

א. זרם מושרה נוצר כאשר יש שינוי בשטף המגנטי. כל זמן שהמסגרת לא נמצאת כולה בתוך או מחוץ לשדה המגנטי התנועה שלה פנימה או החוצה גורמת לשינוי השטף המגנטי. לכן יווצר זרם בזמן הכניסה ובזמן היציאה מן השדה המגנטי.
בזמן הכניסה הזרם יהיה נגד כיוון השעון ובזמן היציאה עם כיוון השעון.

ב. 1. השטף המגנטי הוא מכפלת השדה המגנטי בשטח בו הוא נמצא. שטח זה משתנה עם הזמן.
תוך כדי הכניסה - מכיוון שהתנועה היא שוות מהירות מתקיים $X = v \cdot t$ והשטח הוא $S = L \cdot X$ נשתמש בזאת ונקבל:

$$\Phi_B = B \cdot S = B \cdot L \cdot X = B \cdot L \cdot v \cdot t = 2 \cdot 0.5 \cdot 0.25 \cdot t = 0.25 \cdot t$$

השלב הזה נמשך עד שכל המסגרת נמצאת בתוך השדה המגנטי.

$$t = \frac{L}{v} = \frac{0.5}{0.25} = 2 \text{ sec}$$

בזמן התנועה בתוך השדה המגנטי – השטח קבוע ולכן:

$$\Phi_B = B \cdot L^2 = 2 \cdot 0.5^2 = 0.5 \text{ W}$$

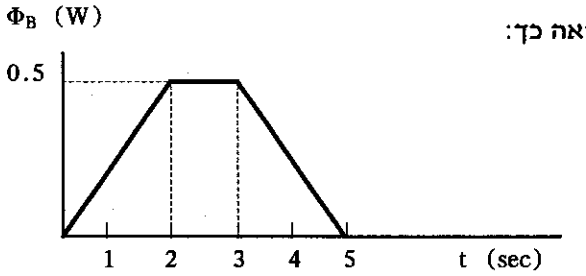
המרחק בתוך השדה המגנטי הוא 0.25 m כי כשהמסגרת בפנים היא תופסת בעצמה אורך של 0.5 m והמרחק הכללי הוא 0.75 m . אחר כך תחל המסגרת לצאת מהשדה המגנטי.

$$t = \frac{0.75 - 0.5}{0.25} = 1 \text{ sec}$$

בשלב ג' המתרחש במשך זמן זהה לשלב א' השטף הולך וקטן.

$$\Phi_B = B \cdot S = B \cdot L \cdot (L - X) = B \cdot L \cdot (L - v \cdot t) =$$
$$= 2 \cdot 0.5 \cdot (0.5 - 0.25 \cdot t) = 0.5 - 0.25 \cdot t$$

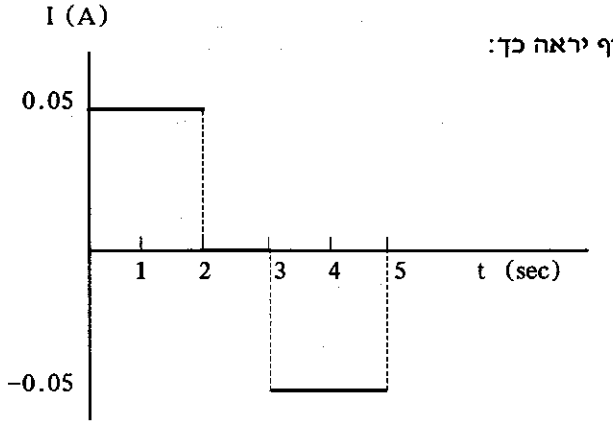
הגרף יראה כך:



2. קצב הכניסה (המהירות) קבוע ולכן הזרם יהיה קבוע. חיובי בכניסה ושלילי ביציאה.

גודל הזרם הוא: $I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{B \cdot L \cdot v}{R} = \frac{2 \cdot 0.5 \cdot 0.25}{5} = 0.05 \text{ A}$

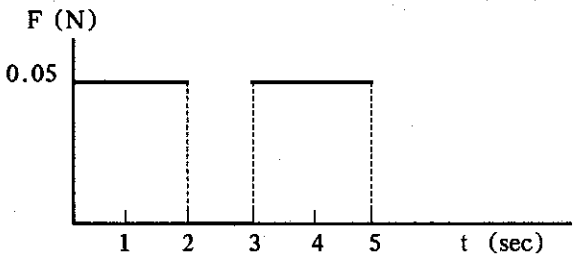
הגרף יראה כך:



3. הכח תלוי רק בזרם: $F = B \cdot I \cdot L$ הכח המעכב הפוך תמיד לכיוון התנועה ולכן יהיה תמיד שמאלה. גודלו הוא:

$F = 2 \cdot 0.05 \cdot 0.5 = 0.05\ N$

הגרף יראה כך:



פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. עוצמת אור מכסימלית נרשמת כאשר ההתאבכות היא בונה. מכיוון שיש הפרש דרכים ואין הפרש מופע, תיווצר התאבכות בונה כאשר הפרש הדרכים יהיה שווה למספר שלם של אורכי גל. אורך גל ארוך ביותר ולכן תדירות נמוכה ביותר הם כאשר המספר השלם של אורכי גל שווה ל- 1.

נתון לכן: $\lambda = 1\ m\ ;\ v = 340\ \frac{m}{sec}$

נשתמש בנוסחת הגלים : $v = \lambda \cdot f$ ונקבל: $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{1} = 340\ Hz$

ב. במקרה זה הפרש הדרכים הוא מחצית אורך גל. לכן : $\lambda = 2\ m$. נציב:

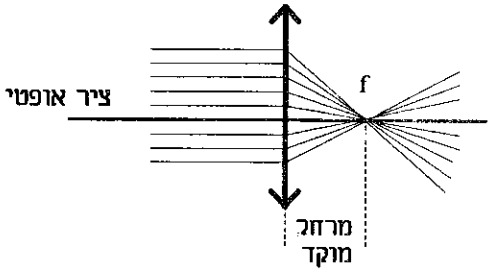
$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{2} = 170\ Hz$$

ג. עוצמת האור אינה אפס.
ככל שגל מתרחק מן המקור המשרעת שלו הולכת ויורדת. מכיוון שהגלים אינם בעלי אותה משרעת הם יקטינו את התוצאה השקולה אבל לא יאפסו אותה.

ד. הפרש מופע של מחצית מחזור יוצר, ללא הפרש דרכים, התאבכות הורסת. כך שכדי ליצור התאבכות בונה בסעיף א' מספיק שהפרש הדרכים יהיה מחצית אורך גל ולכן התדירות היא 170 Hz. כדי ליצור התאבכות בונה צריך לשמור על המצב הקיים, ולכן הפרש הדרכים צריך להיות אורך גל שלם, ולכן התדירות היא 340 Hz .

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. מרחק המוקד של עדשה הוא המרחק בין העדשה ובין הנקודה בה מתרכזות הקרניים של אלומת אור מקבילה המקבילה לציר האופטי של העדשה.



ב. הנתונים הם: $u = 5\ cm\ ;\ f = 3\ cm\ ;\ x = 2\ cm$

נשתמש בנוסחת העדשות: $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{3} - \frac{1}{5} = \frac{2}{15} \quad \Longrightarrow \quad v = 7.5\ cm$$

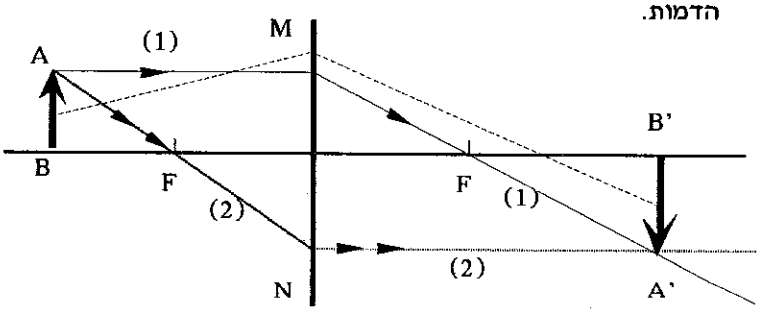
הדמות נמצאת במרחק 7.5 cm מן העדשה.

את גובה הדמות נמצא בעזרת הנוסחה: $\frac{y}{x} = -\frac{v}{u}$

$$y = -x \cdot \frac{v}{u} = -2 \cdot \frac{7.5}{5} = -3\ cm$$

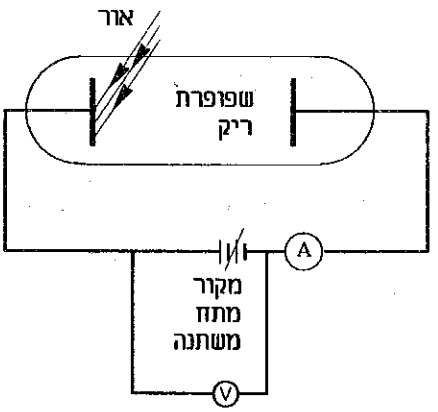
הדמות היא הפוכה וגודלה 3 cm.

ג. השתמשנו בשתי קרניים לקביעת מקום הדמות.
קרן מקבילה לציר האופטי נשברת דרך המוקד (1).
קרן העוברת דרך המוקד נשברת מקבילה (2).
קרן האור היוצאת ממרכז העצם תגיע למרכז הדמות ללא קשר לנקודה בה היא פוגעת בעדשה. אם נכסה מחצית מן העדשה בחומר אטום תרד עוצמת האור של הדמות פי שניים אבל כל הדמות תיראה במלואה, כי קרניים העוברות דרך החלק התחתון ומקורן בכל חלקי הגוף יגיעו אל הדמות.



פיתרון מספר 21 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

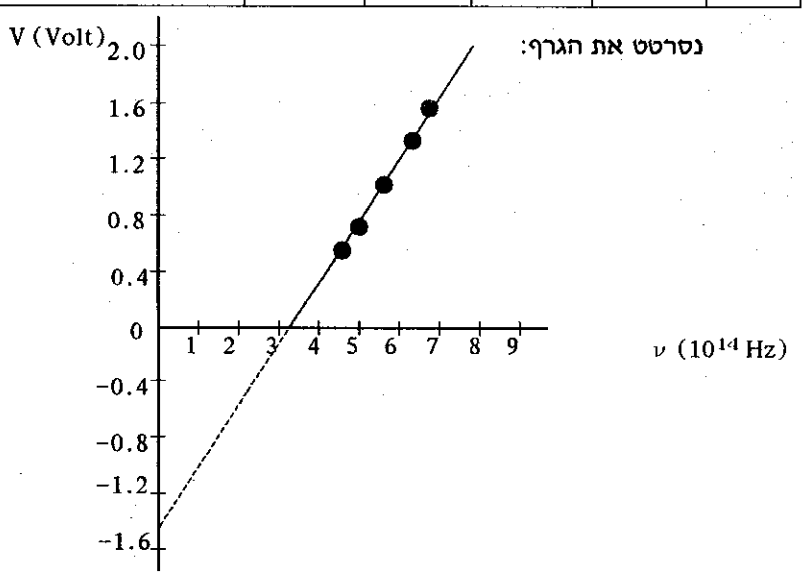
א. מקרינים אור באורך גל משתנה על קתודה שממנה נפלטים אלקטרונים חופשיים אל האנודה. מפעילים מתח עוצר משתנה כדי למנוע את הגעת האלקטרונים אל האנודה.
מודדים את המתח המינימלי שגורם לכך שהאמפרמטר לא מראה זרימת זרם. מתח זה נקרא מתח עצירה.



ב. נמצא קודם כל את התדירות המתאימה לאורכי הגל:

λ (אורך הגל ב- Å)	4360	4700	5300	5890	6050
ν (תדירות ב- 10^{14} Hz)	6.88	6.38	5.66	5.09	4.96
V (מתח עצירה ב- V)	1.60	1.32	1.05	0.80	0.70

נסרטט את הגרף:



נוסחת איינשטיין היא : $h\nu = qV + B$ ולכן, הקו המתאר את הגרף הוא: $V = \frac{h\nu}{q} - \frac{B}{q}$

תדירות הסף היא נקודת החיתוך עם ציר ה- X והיא בערך בתדירות של $3.2 \cdot 10^{14}$ Hz

פונקצית העבודה B נקבעת על פי נקודת החיתוך עם ציר ה- Y $(\nu=0)$ ואז: $B = qV$

נקודת החיתוך היא בערך ב- 1.5 V ולכן:

$$B = 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 1.5 = 2.4 \cdot 10^{-19}\ J = 1.5\ eV$$

שיפוע הגרף הוא $\frac{h}{q}$. נכפיל את השיפוע ב- q כדי למצוא את h.

נבחר שתי נקודות קיצוניות ונחשב:

$$h = \frac{(1.6 - 0.7) \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}}{(6.88 - 4.96) \cdot 10^{14}} = 7.5 \cdot 10^{-34}\ J \cdot sec$$

פיתרון 22 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. לפוטונים ולאלקטרונים יש תכונות של גל, כמו אורך גל ותדירות. ההוכחה לכך היא בניסויי התאבכות כדוגמת ניסוי יאנג שמראים תבנית התאבכות גם לפוטונים וגם לאלקטרונים.
תכונה דומה נוספת היא שלפוטונים ולאלקטרונים יש תנע. שניהם מתנגשים בחלקיקים אחרים כמו שמתרחש באפקט קומפטון.

ההבדל המהותי ביותר בין אלקטרון ופוטון היא בכך שלאלקטרון יש מטען חשמלי ואילו הפוטון הוא נייטרלי. ניתן לראות זאת בכך שהאלקטרון סוטה ממסלולו עקב הפעלת שדה חשמלי או שדה מגנטי.
הבדל נוסף הוא בכך שהאנרגיה שמוסר פוטון לאלקטרון קשור היא כל האנרגיה שלו או כלום. אלקטרון חופשי יכול למסור גם חלק מן האנרגיה שלו. ניתן לראות זאת על ידי העברת אלומת פוטונים ואלקטרונים באנרגיה זהה דרך ענן של אלקטרונים קשורים שרמת העירור שלהם שונה מן האנרגיה של האלומה, ולראות שרק האלקטרונים מוסרים אנרגיה.

ב. נמצא את מהירות האלקטרון: $qV = \frac{1}{2} \cdot mv^2$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot V}{m}}$$

התנע של האלקטרון הוא: $P = m\cdot v = m\cdot\sqrt{\frac{2\cdot q\cdot V}{m}} = \sqrt{2\cdot q\cdot V\cdot m}$

התנע של פוטון הוא: $P = \frac{E}{c}$

לכן האנרגיה של הפוטון היא:

$$E = P\cdot c = c\cdot\sqrt{2\cdot q\cdot V\cdot m} = 3\cdot 10^8\cdot\sqrt{2\cdot 1.6\cdot 10^{-19}\cdot 1000\cdot 9.1\cdot 10^{-31}}$$

$$= 5.119\cdot 10^{-15}\ J \approx 32\ KeV$$

פיתרון מספר 23 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. לאחר סילוק היד ימשיך הגלגל להסתובב סביב צירו, אבל לתנועה זו תתווסף תנועה נוספת של כל הגלגל, כולל צירו סביב אנך דמיוני העובר דרך נקודת המשען של הציר.

ב. מהירות הנקיפה Ω נתונה בנוסחה: $\Omega = \frac{M}{I\cdot\omega}$ כאשר M הוא המומנט שמפעיל הגלגל, I הוא מומנט ההתמד שלו ו- ω היא תדירות הסיבוב.

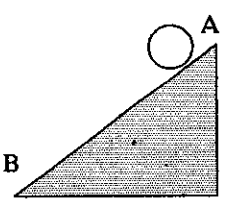
המומנט הנגרם על ידי הגלגל הוא: $M = mg\cdot d$

מומנט ההתמד הוא: $I = mR^2$

לכן מהירות הנקיפה היא:

$$\Omega = \frac{M}{I\cdot\omega} = \frac{mg\cdot d}{mR^2\cdot\omega} = \frac{g\cdot d}{R^2\cdot\omega} = \frac{10\cdot 0.2}{0.3^2\cdot 200} = 0.11\ \frac{rad}{sec}$$

פיתרון מספר 24 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח



א. נסתכל על חוק שימור האנרגיה לגבי שני הגופים. נשווה את הנקודה העליונה (A) עם הנקודה התחתונה (B). האנרגיה מורכבת משלושה מרכיבים: אנרגיה פוטנציאלית כובדית, אנרגיה קינטית של מרכז המסה ואנרגית סיבוב.

ההבדל בין שני הגופים הוא במומנט ההתמד שלהם:

$I_{\text{גליל}} = m\cdot R^2$ $\quad I_{\text{כדור}} = \frac{2}{5}\cdot m\cdot R^2$

לגבי שני הגופים מתקיים שוויון האנרגיה:

$$E_A = E_B \implies mgh = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2 = \frac{1}{2}\cdot\left(m + \frac{I}{R^2}\right)\cdot v^2$$

ולכן: $v^2 = \dfrac{2\cdot mgh}{m + \frac{I}{R^2}}$. ככל שמומנט ההתמד קטן יותר המכנה קטן יותר ולכן המהירות גדולה יותר.

לכן, מהירותו של הכדור שיש לו מומנט התמד קטן יותר תהיה הגדולה יותר.

ב. הנוסחה למהירות היא: $v = \sqrt{\dfrac{2\cdot mgh}{m + \frac{I}{R^2}}}$

$$v_{\text{גליל}} = \sqrt{\frac{2\cdot mg\cdot l\cdot \sin(\alpha)}{m + \frac{m\cdot R^2}{R^2}}} = \sqrt{g\cdot l\cdot \sin(\alpha)}$$

$$v_{\text{כדור}} = \sqrt{\frac{2\cdot mg\cdot l\cdot \sin(\alpha)}{m + \frac{\frac{2}{5}\cdot m\cdot R^2}{R^2}}} = \sqrt{\frac{10\cdot g\cdot l\cdot \sin(\alpha)}{7}}$$

פיתרון מספר 25 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. גורם ההספק נתון בנוסחה: $P = V_{eff}\cdot I_{eff}\cdot\cos(\phi)$ ולכן:

$$\cos(\phi) = \frac{P}{V_{eff}\cdot I_{eff}} = \frac{40}{24\cdot 20} = 0.083$$

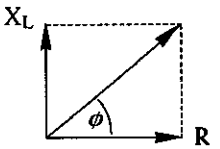
ב. מקדם ההספק שווה ל- 1 במצב של תהודה. במצב זה מתקיים קשר בין התדירות ω ובין הרכיבים של המעגל:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L\cdot C}}$$

לכן, נמצא קודם כל את הערכים של ההתנגדות וההשראות כדי למצוא בעזרתם את הקיבול.

נתחיל בהתנגדות. כל החום המשתחרר במעגל הוא תמיד מהנגד בלבד,

ולכן: $P = I_{eff}^2 \cdot R \implies R = \frac{P}{I_{eff}^2} = \frac{40}{20^2} = 0.1\ \Omega$



ההתנגדות וההשראות יצרו (לפני הכנסת הקבל) למופע שהתבטא בגורם ההספק.
זווית המופע היא:

$\cos(\phi) = 0.083 \implies \phi = 85^o14'$

$$tg(\phi) = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega \cdot L}{R} \Rightarrow L = \frac{R \cdot tg(\phi)}{\omega} = \frac{0.1 \cdot tg(85^o14')}{2 \cdot \pi \cdot 400} = 4.78 \cdot 10^{-4}\ H$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega_0^2 \cdot L} = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot 400)^2 \cdot 4.78 \cdot 10^{-4}} = 3.3 \cdot 10^{-4}\ F$$

ג. לאחר חיבור הקבל המעגל בתהודה. לכן העקבה השקולה של המעגל היא רק ההתנגדות האוהמית R.

הזרם הוא: $I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{24}{0.1} = 240\ A$

ההספק הוא: $P = I_{eff}^2 \cdot R = 240^2 \cdot 0.1 = 5760\ W$

ד. חיבור הקבל במקביל לסליל ההשראות (שהוא השילוב של נגד וסליל טהור) לא גורם לשינוי כלשהוא לגבי הסליל. הוא עדיין מחובר ישירות למקור המתח ולכן יזרום בו אותו הזרם. בקבל אין פליטת חום ולכן קצב פליטת החום ישאר כמו במעגל המקורי, היינו 40 W.

פיתרון מספר 26 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. תדירות התהודה היא:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-4} \cdot 2.5 \cdot 10^{-10}}} = 6.32 \cdot 10^6\ \frac{rad}{sec}$$

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = 10^6\ Hz$$

ב. נתון כי: $\omega = 0.9 \cdot \omega_0 = 5.69 \cdot 10^6\ \frac{rad}{sec}$

הזרם בתהודה הוא: $I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{12}{R}$

הזרם במצב החדש הוא: $I_{eff}' = \frac{12}{Z}$

מכיוון שהזרם החדש הוא מחצית מהזרם בתהודה נקבל:

$$I_{eff}' = 0.5 \cdot I_{eff} \implies \frac{12}{Z} = 0.5 \cdot \frac{12}{R} \implies Z = 2 \cdot R$$

העכבה השקולה של המעגל היא: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

או: $Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$

ומכאן, אם נשתמש בקשר שמצאנו בין Z ו- R (ונזכור שבהוצאת שורש יש פיתרון חיובי ופיתרון שלילי ואנחנו מעונינים רק בפיתרון החיובי כי אין התנגדות שלילית):

$$R = \left|\frac{X_L - X_C}{\sqrt{3}}\right| = \left|\frac{\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}}{\sqrt{3}}\right| =$$

$$= \left|\frac{5.69 \cdot 10^6 \cdot 10^{-4} - \frac{1}{5.69 \cdot 10^6 \cdot 2.5 \cdot 10^{-10}}}{\sqrt{3}}\right| = 77.1\ \Omega$$

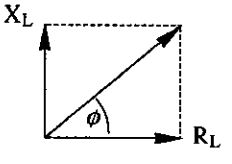
ההתנגדות הכוללת של המעגל היא: $Z = 2 \cdot R = 2 \cdot 77.1 = 154.2\ \Omega$

ג. הזרם בתהודה הוא: $I_{eff} = \frac{12}{R} = \frac{12}{77.1} = 0.1556\ A$

ולכן המתח על הקבל הוא:

$$V_{eff} = I_{eff} \cdot X_C = \frac{I_{eff}}{\omega_0 \cdot C} = \frac{0.1556}{6.32 \cdot 10^6 2.5 \cdot 10^{-10}} = 98.5\ V$$

ד. ללא קשר לקבל, הפרש המופע בין המתח והזרם על הסליל ניתן בנוסחה:



$$tg(\phi) = \frac{X_L}{R_L} = \frac{\omega_0 \cdot L}{R_L}$$

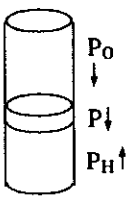
$$R_L = \frac{\omega_0 \cdot L}{tg(\phi)} = \frac{6.32 \cdot 10^6 \cdot 10^{-4}}{tg(88.18^0)} = 20.1\Omega$$

(התנגדות זו קטנה מן ההתנגדות האוהמית הכללית שמצאנו במעגל 77.1 Ω כך שברור אם כי לא צוין בשאלה שיש גם נגד אוהמי פשוט של $(77.1 - 20.1 = 57\ \Omega$

ה. גורם האיכות הוא היחס בין האנרגיה שיש בכל המערכת במצב של תדירות תהודה לבין האנרגיה הנפלטת בזמן של מחזור אחד.

$$Q = \frac{L\cdot\omega_0}{R} = \frac{10^{-4}\cdot 6.32\cdot 10^6}{77.1} = 8.2$$

פיתרון מספר 27 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים



א. קיים שוויון לחצים. מצד אחד לוחצים הלחץ האטמוספירי (P_0) והבוכנה (P) ומצד שני המימן (P_H). נפתור את השאלה ביחידות c.g.s: את לחץ המימן נמצא לפי משוואת המצב:

$$P_H = \frac{n\cdot R\cdot T}{V} = \frac{m\cdot R\cdot T}{M\cdot V}$$

$$P_H = \frac{0.17\cdot 8.31\cdot 10^7\cdot 300}{2\cdot 1400} = 1.514\cdot 10^6\ \frac{dyne}{cm^2}$$

את לחץ הבוכנה נמצא מחלוקת משקלה בשטח הפעולה. שטח הפעולה נתון בעזרת נפח המימן:

$$V = S\cdot h \implies S = \frac{V}{h} = \frac{1400}{40} = 35\ cm^2$$

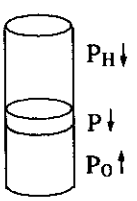
$$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{21{,}000\cdot 1000}{35} = 6\cdot 10^5\ \frac{dyne}{cm^2}$$

ולכן הלחץ האטמוספירי הוא:

$$P_0 + P = P_H$$

$$P_0 = P_H - P = 1.514\cdot 10^6 - 6\cdot 10^5 = 9.136\cdot 10^5\ \frac{dyne}{cm^2}$$

ב. שוויון הלחצים עכשיו הוא: $P_H + P = P_0$



ולכן לחץ המימן הוא:

$$P_H = P_0 - P = 9.136\cdot 10^5 - 6\cdot 10^5 = 3.136\cdot 10^5\ \frac{dyne}{cm^2}$$

נשתמש בחוק בויל המקשר בין שני מצבים שונים של אותו הגז הנשאר באותה הטמפרטורה: $P_1\cdot V_1 = P_2\cdot V_2$

מכיוון ששני הנפחים הם בעלי אותו שטח חתך אפשר לצמצם אותו ולכתוב: $P_1\cdot h_1 = P_2\cdot h_2$

מכאן: $h_2 = h_1 \cdot \frac{P_1}{P_2} = 40 \cdot \frac{1.514 \cdot 10^6}{3.136 \cdot 10^5} = 193\ cm$

ג. כל זמן שמחממים את הגז נשאר הלחץ של הבוכנה והלחץ החיצוני קבוע ולכן זוהי התפשטות בלחץ קבוע. הנוסחה המתארת התפשטות זו היא:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Longrightarrow T_2 = T_1 \cdot \frac{V_2}{V_1} = T_1 \cdot \frac{h_2}{h_1} = 300 \cdot \frac{300}{193} = 466^o\ K = 193^o\ C$$

פיתרון מספר 28 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. לפי חוק הרציפות המקשר בין שטח חתך ובין מהירות הזרימה:

$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$

ככל ששטח חתך צר יותר מהירות הזרימה בו גדולה יותר.
נוצרים לכן הפרשי חתכים הגורמים לשינוי מהירות.
לפי חוק ברנולי ככל שהמהירות גדולה יותר אז הלחץ קטן יותר:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2$$

אם דואגים שהגבהים זהים ויחס שטחי החתך ולכן גם יחס המהירויות ידוע, הרי ממדידת שני הלחצים ניתן למצוא את המהירות.

ב. נשתמש בחוק ברנולי לאחר הורדת הגבהים הזהים וצמצום g:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} \qquad \Longrightarrow \qquad \frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$$

הלחץ ההידרוסטטי הוא: $P = H\rho'$. נציב בנוסחה שקיבלנו ונשתמש גם במשוואת הרציפות:

$$\frac{H_1\rho' - H_2\rho'}{\rho} = \frac{v_2^2 \cdot \left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}\right)}{2}$$

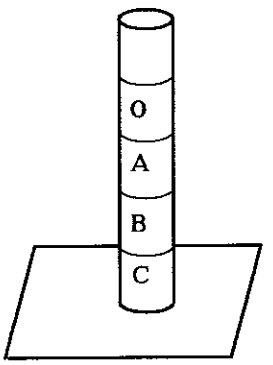
ולכן $(h = H_1 - H_2)$:

$$h = \frac{v_2^2 \cdot \left(1 - \frac{S_1^2}{S_2^2}\right) \cdot \rho}{2 \cdot \rho'}$$

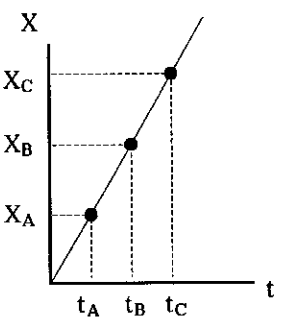
והגובה פרופורציוני לריבוע המהירות.

מעבדת חקר – ניסוי א': תנועת כדור בנוזל צמיג

1. שלבי הניסוי הם:



ציור א': מערכת הניסוי



ציור ב': גרף איכותי של המרחק כפונקציה של הזמן

א. מפילים כדור בקוטר 1 mm ומוצאים בערך את הנקודה בה הוא מגיע למהירות קבועה.

ב. מסמנים בגומיה נקודה הנמצאת מתחת לנקודה שמצאנו בסעיף א'. נקרא לה נקודה O. (ציור א')

ג. מסמנים שלוש נקודות נוספות (A,B,C) במרחקים זהים זו מזו הנקבעים לפי אורך המשורה. רצוי שהמרחק יהיה משמעותי (5 cm לפחות) כדי שיהיה ניתן למדוד הבדלים בין הזמנים.

ד. מפילים כדור ראשון ומודדים את הזמן מן הנקודה הראשונה (O) ועד הנקודה השניה (A).

ה. מפילים כדור שני ומודדים את הזמן מן הנקודה הראשונה ועד הנקודה השלישית (B).

ו. מפילים כדור שלישי ומודדים את הזמן מן הנקודה הראשונה ועד הנקודה הרביעית (C).

ז. משרטטים גרף של המרחק בין הגומיות כפונקציה של הזמן ומשיפוע הגרף מוצאים את המהירות (ציור ב').

ח. חוזרים על הניסוי עם ארבעת גדלי הכדורים הנוספים.

ט. משרטטים גרף של מהירות הכדור כפונקציה של רדיוסו.

2. אפשר להסיק שהתנועה שוות מהירות מהעובדה שהגרף המתקבל של המרחק בין הגומיות כפונקציה של הזמן הוא קו ישר.

3. את המהירות אנחנו מחשבים מן הגרף. לשם כך מסתכלים על שתי נקודות מדידה, למשל A ו- C.

השיפוע a שווה למהירות v:

$$a = v = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{X_C - X_A}{t_C - t_A}$$

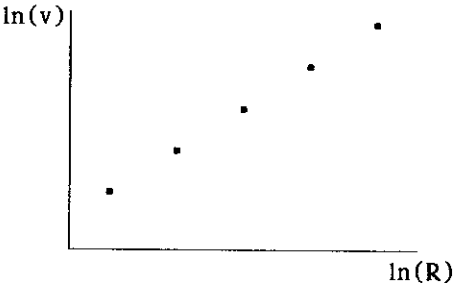
4. הדיאגרמה האיכותית המתקבלת היא:

5. אפשר לראות מהגרף שהיחס בין המהירות והרדיוס אינו יחס ישר, אבל אי אפשר לדעת את החזקה של הגרף. קשה להבדיל בין חזקה שניה ושלישית, למשל, ויתכן גם שהחזקה אינה שלמה.

ברור שהיחס הוא: $v = A \cdot R^X$

נוציא ln משני האגפים: $\ln(v) = \ln(A \cdot R^X) = \ln(A) + X \cdot \ln(R)$

אם נסרטט גרף של $\ln(v)$ כפונקציה של $\ln(R)$ נקבל קו ישר ששיפועו הוא החזקה X.



6. על הכדור פועלים שלושה כוחות.
משקלו mg, הכח המעכב F'' וכח העילוי B.

הכח המעכב הוא: $F'' = 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot R \cdot v$

כח העילוי הוא: $B = V \cdot \rho' \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho' \cdot g$

המשקל הוא: $mg = V \cdot \rho \cdot g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho \cdot g$

$$\Sigma F = mg - B - F'' = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot g \cdot (\rho - \rho') - 6 \cdot \pi \cdot \mu \cdot R \cdot v$$

7. הכדור מגיע למהירות קבועה מכיוון שהכח המעכב תלוי במהירות וככל שהמהירות גדלה הכח השקול קטן עד שהוא מתאפס. כשהכח השקול שווה לאפס התנועה היא שוות מהירות.

8. הכדור מגיע למהירות קבועה כאשר שקול הכוחות שווה לאפס.

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma F = \frac{4}{3}\cdot\pi\cdot R^3\cdot g\cdot(\rho - \rho') - 6\cdot\pi\cdot\mu\cdot R\cdot v = 0$$

$$v = \frac{2\cdot g\cdot(\rho - \rho')}{9\cdot\mu}\cdot R^2$$

9. לפי הפיתוח המתמטי הקשר הוא בין המהירות והחזקה השניה של הרדיוס: $v \propto R^2$

המקור העיקרי לשגיאה במדידה הוא במדידת המהירות עקב אי דיוק בשימוש בשעון העצר.

מעבדת חקר - ניסוי ב': השדה המגנטי של תיל ישר וארוך

1. המעגל החשמלי הוא:

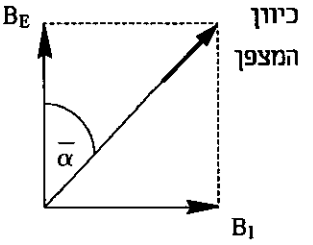
5. כדי לגרום לסטיה של מחט המצפן בשני הכיוונים יש לשנות את כיוון הזרם במעגל על ידי שינוי כיוון מקור המתח.

9. יתכן שהמצפן לא מונח בדיוק על הקו צפון-דרום. מדידת הזווית הממוצעת בין שתי הסטיות מערבה ומזרחה מבטלת את הסטיה הקבועה הזו.
נוכיח זאת: נניח שהסטיה הקבועה היא בזווית α_0 . אז בקריאה כשהסטיה לצד שבו הסטיה הקבועה הקריאה היא $\alpha_1 = \alpha - \alpha_0$ ובצד השני הקריאה היא $\alpha_2 = \alpha + \alpha_0$ כך שהחישוב הממוצע נותן:

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{\alpha - \alpha_0 + \alpha + \alpha_0}{2} = \alpha$$

10. השדה של תיל באורך סופי שונה בנוסחת התיל האינסופי שבה אנחנו משתמשים קרוב לקצות התיל.

11.



12. הזרם הוא מ- B ל- A מכיוון שהשדה המגנטי שיוצר התיל הוא ימינה והוא לפני התיל, כך שלפי כלל יד ימין (כלל הבורג) כיוון הזרם הוא מ- B ל- A.

13. מחט המצפן לא תיסטה מכיוון צפון דרום מכיוון שעל יד התיל כיוון השדה מאונך למישור של המצפן ועל המחט יופעל כח שיגרום לה לסטות למטה או למעלה אבל לא ימינה או שמאלה.

14. נמצא את הקשר בין הזווית הנמדדת והשדות המגנטיים.
נבטא את המרחק d בין התיל והנקודה בה נמצא המצפן בעזרת העובי של לוח קלקר d_0 ומספר הלוחות n בצורה: $d = n \cdot d_0$.

$$\frac{1}{tg(\bar{\alpha})} = \frac{B_E}{B_I} = \frac{B_E}{\frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot d}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot d \cdot B_E}{\mu_0 \cdot I} = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_0 \cdot B_E}{\mu_0 \cdot I} \cdot n$$

הגרף אמור לעבור דרך ראשית הצירים במידה והמרחקים נמדדים נכון. הגרף לא יעבור דרך ראשית הצירים עם בין לוח הקלקר הראשון והתיל יש מרחק קבוע (הנגרם מכך שלוחות הקרטון אינן בדיוק בעובי המתאים) היוצר סטיה קבועה של המרחק המחושב מן המרחק האמיתי.

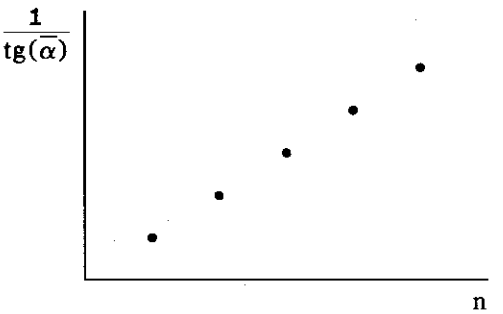
15. את הביטוי שקיבלנו ניתן לכתוב גם בצורה: $B_I = A \cdot \frac{1}{n}$

כי כל הגדלים, כולל הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ, הם קבועים. קיבלו לכן יחס הפוך בין המרחק מן התיל המבוטא ע"י מספר לוחות הקלקר n לבין השדה המגנטי של התיל B_I.

העובדה שמן הגרף התקבל קו ישר המוכיח את הקשר בין $\frac{1}{tg(\bar{\alpha})}$ ל- n מאמתת, לכן, גם את הצורה השניה של הביטוי.

16. הגרף המתקבל הוא קו ישר ששיפועו הוא: $a = \frac{2 \cdot \pi \cdot d_0 \cdot B_E}{\mu_0 \cdot I}$.

הגרף המתקבל באופן איכותי הוא:



את השיפוע נחשב בעזרת שתי נקודות בגרף:

$$a = \frac{\Delta\left(\frac{1}{tg(\overline{\alpha})}\right)}{\Delta n}$$

ומן השיפוע נחלץ את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ:

$$B_E = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot a}{2 \cdot \pi \cdot d_0}$$

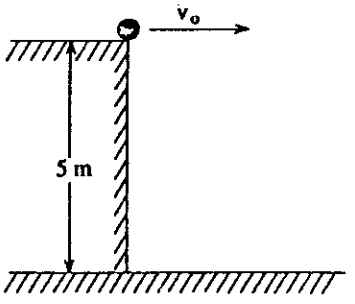
17. אם הפעולה היתה מתבצעת בנקודה אחרת על פני כדור הארץ היו התוצאות משתנות כי השדה המגנטי של כדור הארץ משתנה מנקודה לנקודה על פני כדור הארץ.

בחינת בגרות ל-14- 5 יחידות 1990

חלק א' - מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 5 - 1.

.1 מגג בניין, שגובהו $h = 5\ m$ מעל לקרקע, נזרק בכיוון אופקי כדור שמסתו $m = 0.1\ kg$, במהירות $v_o = 5\ m/s$ (ראה תרשים).



התנגדות האוויר זניחה.

א. באיזה מרחק מבסיס הבניין יפגע הכדור בקרקע? (3 נקודות)

ב. מהי המהירות (גודל בלבד) שבה יפגע הכדור בקרקע? (2 נקודות)

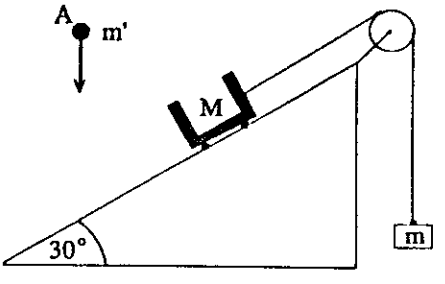
ג. באיזה מרחק מבסיס הבניין יפגע הכדור בקרקע, אם נוסף לכוח הכובד פועל על הכדור כוח אופקי קבוע $F = 0.2\ N$ בכיוון מהירותו ההתחלתית? (5 נקודות)

ד. במקרה נוסף הכדור שוחרר ממצב מנוחה מגג הבניין כאשר פועל עליו אותו כוח אופקי קבוע.

מהי צורת מסלול הכדור (ישר, פרבולה, היפרבולה, מסלול אחר)? נמק. (2 נקודות)

.2 על מדרון חלק, שזווית השיפוע שלו 30°, נעה קרונית שמסתה $M = 2\ kg$. הקרונית מחוברת באמצעות חוט הכרוך על גלגלת (שמסתה זניחה) למשקולת שמסתה m (ראה תרשים).

הקרונית יורדת במורד המדרון (והמשקולת עולה) במהירות קבועה $v = 1\ m/s$.



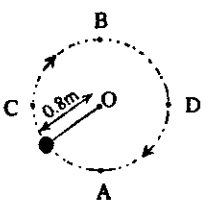
א. חשב את המסה m של המשקולת. (4 נקודות)

ב. ברגע מסוים נקרע החוט המחבר את הקרונית למשקולת. תאר במלים את תנועת הקרונית ואת תנועת המשקולת מרגע שנקרע החוט. (3 נקודות)

ג. מנקודה A משחררים ממנוחה גוש פלסטלינה שמסתו $m' = 2\ kg$ (ראה תרשים). הגוש מתנגש עם הקרונית התנגשות פלסטית $\frac{1}{2}$ שנייה לאחר שהחוט נקרע, כאשר הקרונית עוברת מתחת לנקודה A.

בהנחה שמשך ההתנגשות קצר מאוד, חשב את הגובה h של הנקודה A מעל נקודת ההתנגשות, אם מהירות הקרונית לא השתנתה כתוצאה מההתנגשות. (5 נקודות)

3. גוף שמסתו $m = 0.3\ kg$ קשור לחוט שאורכו $\ell = 0.8\ m$, ונע במעגל אנכי. החוט קשור בקצהו האחר לנקודה קבועה O. מישור התנועה מאונך לפני הקרקע, ומגמת התנועה מסומנת על־ידי החִצים בתרשים. הנקודה A היא הנקודה הנמוכה ביותר במעגל, B הנקודה הגבוהה ביותר במעגל, והנקודות C ו־ D נמצאות בקצות הקוטר האופקי של המעגל (ראה תרשים).



מהירות הגוף בנקודה A היא $9\ m/s$.

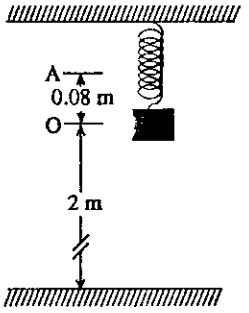
א. סרטט את הכוחות הפועלים על הגוף בנקודה C, ומצא את מתיחות החוט בנקודה זו. (4 נקודות)

ב. סרטט את הכוחות הפועלים על הגוף בנקודה B, ומצא את תאוצת הגוף (גודל וכיוון) בנקודה זו. (5 נקודות)

ג. ברגע שהגוף הגיע לנקודה D נקרע החוט.

סרטט את מסלול הגוף מרגע שהחוט נקרע ועד פגיעתו בקרקע.
הסבר את שיקוליך. (3 נקודות)

4. קפיץ בעל קבוע $k = 50\ N/m$ מחובר בקצהו האחד לתקרה, ובקצהו השני למשקולת שמסתה $m = 0.5\ kg$. כאשר המשקולת במצב מנוחה (נקודה O) גובהה מעל הרצפה $h = 2\ m$. מעלים את המשקולת לנקודה A, הנמצאת בגובה $0.08\ m$ מעל O, ומשחררים אותה ממנוחה (ראה תרשים). המשקולת מבצעת תנודות (בקו אנכי). מסת הקפיץ והתנגדות האוויר זניחות.



א. כמה זמן חולף מהרגע ששוחררה המשקולת עד שהיא מגיעה לראשונה לנקודה O? (2 נקודות)

ב. מהו כיוון הכוח השקול הפועל על המשקולת, כשהיא נמצאת בנקודה כלשהי בין הנקודות O ו־A, בעת תנועתה כלפי מעלה? נמק. (3 נקודות)

ג. באחת התנודות, בעת שהמשקולת נעה כלפי מטה, היא ניתקת מן הקפיץ בנקודה O. חשב את הזמן מרגע ההינתקות ועד שהמשקולת מגיעה לרצפה. (7 נקודות)

5. גוף שמסתו m נופל ממנוחה מגובה רב h אל כוכב שמסתו M ורדיוסו R. לכוכב אין אטמוספירה.

א. פתח נוסחה לחישוב מהירות הפגיעה v של הגוף בפני הכוכב. בטא את תשובתך באמצעות R, h ו־g (תאוצת הנפילה החופשית על הכוכב). (4 נקודות)

ב. הראה כי כאשר h קטן מאוד ביחס ל־R ($h << R$), ניתנת הנוסחה שפיתחת בסעיף א להיכתב בקירוב באופן הבא: $v = \sqrt{2gh}$. (4 נקודות)

ג. מהו סוג התנועה של הגוף (שוות־מהירות, שוות־תאוצה, אחרת):

(1) כאשר $h >> R$? הסבר. (3 נקודות)

(2) כאשר $h << R$? הסבר. (1 נקודה)

חלק ב' – שאלון השלמה

עליך לענות על חמש משמונה השאלות 13 – 6.

6. כוכב שרדיוסו כרדיוס השמש קורס (מתכווץ), מבלי לאבד מסה, לכדור שרדיוסו 7 ק"מ (במצב זה הוא נקרא כוכב נויטרונים).
פי כמה גדולה תאוצת הנפילה החופשית על פניו של כוכב הנויטרונים מזו שהיתה על פני הכוכב המקורי? (5 נקודות)

7. שני תיילים ישרים, ארוכים ומקבילים, נמצאים זה מעל זה בכיוון קו אורך מגנטי של כדור הארץ (מרידיאן). עוצמות הזרם בתיילים שוות, והכוח המגנטי שהתיילים מפעילים זה על זה הוא כוח משיכה. מחט מצפן, המונחת מתחת לתיילים, מורה על כיוון צפון־מערב.
   א. מהו כיוון הזרם בכל תיל? (3 נקודות)
   ב. איזה כיוון תורה מחט המצפן אם נציב את המצפן בין התיילים, במרחק שווה משניהם? (2 נקודות)

8. א. השמש היא מקור אור, והירח איננו מקור אור. כיצד ייתכן שאנו רואים את הירח? (3 נקודות)
   ב. יש טוענים שליקוי חמה הוא ליקוי מדומה, בעוד ליקוי ירח הוא ליקוי אמיתי.
   הסבר טענה זו. (2 נקודות)

9. א. הסבר מהי נקודת צומת בגל עומד. (2 נקודות)
   ב. כשפורטים על מיתר גיטרה הוא מתנודד בתדירותו היסודית ומשמיע צליל מסוים.
   אם מניחים אצבע במרחק מה מקצה המיתר (ומקצרים בכך את אורכו הפעיל) ופורטים על חלקו הארוך, יתקבל צליל אחר.
   האם הצליל החדש גבוה יותר או נמוך יותר? נמק. (3 נקודות)

10. מראת גילוח היא לעתים מראה כדורית קעורה. מה היתרון במראה כדורית קעורה לעומת מראה מישורית? הסבר. (5 נקודות)

11. מכשיר לייזר מקרין אור חד־צבעי (מונוכרומטי) באורך גל של $\lambda_1 = 3000Å$ בהספק קבוע.
מגדילים את אורך הגל של האור שמקרין הלייזר ל $\lambda_2 = 7000Å$ בלי לשנות את ההספק.

א. מצא את היחס בין האנרגיה של פוטון, שפולט המכשיר לאחר הגדלת אורך הגל, לבין האנרגיה של פוטון, שפלט המכשיר לפני כן. (3 נקודות)

ב. האם ישתנה מספר הפוטונים היוצאים מן המכשיר בכל שנייה? הסבר. (2 נקודות)

12. א. הסבר את המושג "זמן מחצית החיים" של איזוטופ רדיואקטיבי. (1 נקודה)

ב. זמן מחצית החיים של האיזוטופ פחמן־14 (^{14}C) הוא 5730 שנה. מכשיר לקביעת גילם של ממצאים ארכיאולוגיים מסוגל לגלות בממצאים כאלה שרידים של פחמן־14, אם שיעורם אינו נופל מ 12.5 % $\left(\frac{1}{8}\right)$ משיעורם המקורי.
מהו גיל הממצאים המרבי שניתן לקבוע בעזרת המכשיר? (4 נקודות)

13. המשוואה של תגובת מיזוג גרעיני היא:

$H^2 + H^2 \longrightarrow He^3 + n + 3.3\ MeV$ (H^2: דיטריום, He^3: הליום־3, n: נויטרון).

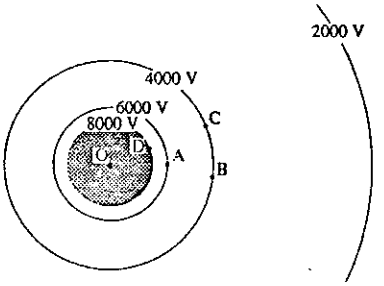
בניסוי, שלטענת מבצעיו התרחש בו "מיזוג גרעיני קר", השתחררה במערכת הניסויית אנרגיה $E = 52.8$ joule.

מהו המספר הכולל של נויטרונים שהיו צריכים להשתחרר במערכת הניסויית, כדי לאשר שאמנם התרחש מיזוג גרעיני מן הסוג המתואר במשוואה? (5 נקודות)

חלק ג' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 18 - 14.

14. כדור מוליך שרדיוסו 20 mm נטען עד לפוטנציאל של 8000 V . בתרשים מסומנים מספר משטחים שווי־פוטנציאל. הפוטנציאל במרחק אינסופי מהכדור הוא אפס. אין מטענים בקרבת הכדור.



היעזר בתרשים ומצא את:

א. מטען הכדור. (2 נקודות)

ב. עבודת השדה החשמלי כאשר מטען בן $+8\ \mu C$ מועבר:

(1) מהנקודה A ל B . (2 נקודות)

(2) מהנקודה B ל C . (2 נקודות)

(3) במסלול הסגור: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ (2 נקודות)

(4) ממרכז הכדור O לנקודה D שעל פני הכדור . (2 נקודות)

ג. השדה החשמלי (גודל וכיוון):

(1) בנקודה הנמצאת בתוך הכדור, במרחק 10 mm ממרכזו O . (1 נקודה)

(2) בנקודה B . (1 נקודה)

15. המרחק בין לוחות קבל הוא $d = 2\ mm$. קיבולו $C = 2\times10^{-9}\ F$. אל בין לוחות הקבל הכניסו חומר בעל מקדם דיאלקטרי יחסי $\varepsilon_r = 5$. חיברו את הקבל למקור מתח בן 150 V , ולאחר־מכן ניתקו אותו ממקור המתח. לאחר הניתוק הוציאו את החומר הדיאלקטרי מבין לוחות הקבל.

א. לאחר שהוצא החומר הדיאלקטרי, חשב מה יהיה:

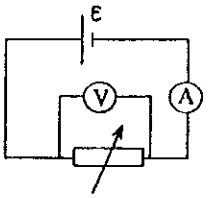
(1) מטען הקבל. (3 נקודות)

(2) המתח בין לוחות הקבל. (4 נקודות)

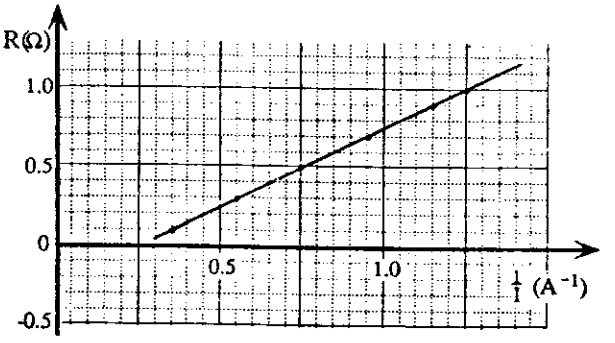
(3) השדה החשמלי בין לוחות הקבל. (3 נקודות)

ב. מצא את העבודה הדרושה להוצאת החומר הדיאלקטרי. (2 נקודות)

16. המעגל החשמלי, המתואר בתרשים א', כולל מקור מתח ישר ε, וולטמטר V שהתנגדותו אין־סופית, אמפרמטר A שהתנגדותו זניחה, ונגד משתנה שאת התנגדותו ניתן לשנות בטווח שבין 0 ל 2Ω. תלמיד שינה פעמים אחדות את ההתנגדות R של הנגד המשתנה, ובאמצעות מכשירי המדידה מצא בכל פעם את עוצמת הזרם I ואת ההתנגדות המתאימה R של הנגד המשתנה. התלמיד סרטט, על־פי ממצאי הניסוי, גרף של R כפונקציה של $\frac{1}{I}$, כמתואר בתרשים ב'.



תרשים א'



תרשים ב'

א. כיצד מצא התלמיד את ההתנגדות R של הנגד המשתנה בכל מדידה שערך? (2 נקודות)

ב. הסבר, בלי להסתמך על ממצאי הניסוי, מדוע הגרף, המתאר את R כפונקציה של $\frac{1}{I}$, הוא קו ישר שאינו עובר דרך ראשית הצירים. (3 נקודות)

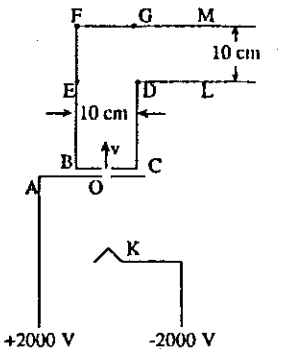
ג. היעזר בגרף ומצא את:

(1) הכא"מ של מקור המתח. (3 נקודות)

(2) התנגדותו הפנימית של מקור המתח. (2 נקודות)

(3) עוצמת הזרם המרבי שיכול לזרום במעגל. (2 נקודות)

.17 במתקן להאצת אלקטרונים, הקתודה K, שהפוטנציאל שלה הוא 2000 V- , לוהטת ופולטת אלקטרונים. האלקטרונים הנפלטים מואצים אל האנודה A, שהפוטנציאל שלה הוא 2000 V . חלק מהאלקטרונים עוברים דרך נקב O שבאנודה, ונכנסים לצינור מתכתי, הכפוף בזווית ישרה, דרך חור שבמרכז התחתית BC של הצינור. קוטר הצינור הוא 10 cm (ראה תרשים).



המתקן והצינור מרוקנים מאוויר. ניתן להזניח את מהירותם ההתחלתית של האלקטרונים הנפלטים מהקתודה.

א. חשב את מהירות האלקטרונים v בעוברם דרך הנקב O . (4 נקודות)

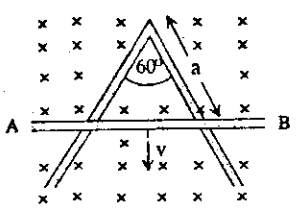
ב. משרים שדה מגנטי מאונך למישור EDGF , המוגבל רק לחלק זה של הצינור, כך שהאלקטרונים נכנסים לחלק DGML של הצינור, ונעים לאורך צירו.

(1) מהו כיוון השדה המגנטי? נמק. (2 נקודות)

(2) מהי עוצמת השדה המגנטי? (4 נקודות)

ג. האם מהירות האלקטרונים בחלק DGML תהיה קטנה, שווה או גדולה ממהירותם בחלק BCDE? הסבר. (2 נקודות)

.18 מוט נחושת ארוך הכפוף בזווית בת 60^0 נמצא במישור האופקי. שדה מגנטי אחיד שעוצמתו B = 0.5 T מאונך למישור המוט. מוט נחושת ארוך AB נע על פני המוט הכפוף כך שהמוטות יוצרים בכל רגע משולש שווה־צלעות. ברגע t = 0 אורך צלע המשולש הוא a = 0.1 m . מהירות המוט AB היא קבועה וגודלה $v = 0.3\ \frac{m}{s}$ (ראה תרשים). ההתנגדות ליחידת אורך של מוטות הנחושת היא $\lambda = 0.1\ \frac{\Omega}{m}$.



א. האם הכא"מ המושרה במוט הנע נשאר קבוע עם הזמן? נמק. (3 נקודות)

ב. מצא את הכא"מ המושרה ברגע t = 4 s . (5 נקודות)

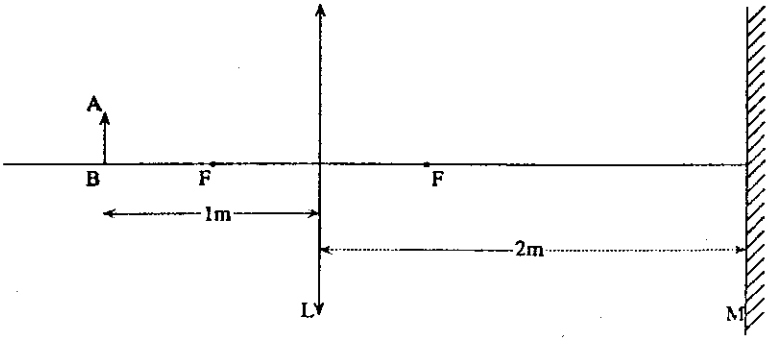
ג. מצא את עוצמת הזרם במוטות ברגע t = 4 s . (4 נקודות)

חלק ד' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

19. עצם מאיר AB ניצב במרחק 1m מעדשה מרכזת L שמרחק המוקד שלה 0.5 m . מצדה השני של העדשה, במרחק 2 m ממנה, נמצאת מראה מישורית M הניצבת לציר האופטי של העדשה (ראה תרשים). שים לב: אין קרני אור היוצאות מהעצם ומגיעות למראה ללא מעבר דרך העדשה.



א. כמה דמויות של העצם נוצרות? חשב את המרחק של כל אחת מהדמויות מן העדשה. (18 נקודות)

ב. ציין לגבי כל דמות אם היא ממשית או מדומה, ואם היא ישרה או הפוכה ביחס לעצם AB . (14 נקודות)

ג. העתק את התרשים למחברתך, ואשר את ממצאיך בעזרת סרטוט של מהלכי קרניים מתאימות. (18 נקודות)

20. א. מנה שלושה הבדלים בין גלי אור לבין גלי קול. (12 נקודות)

ב. נער מצמיד את אזנו למסילת מתכת ישרה וארוכה, וכך הוא שומע צפירה שצפר שנייה אחת לפני־כן קטר העומד על המסילה במרחק מסוים מהנער.

מהירות הקול באוויר היא $V_a = 330$ m/s , ומהירות הקול במתכת המסילה היא $v_m = 3300$ m/s .

(1) באיזה מרחק מהנער נמצא הקטר? (6 נקודות)

(2) כעבור כמה זמן ישמע הנער את הצפירה באוויר? (6 נקודות)

ג. תדירות הצפירה של הקטר היא 1100 Hz .

(1) מהו אורך גל הקול במסילה? (6 נקודות)

(2) מהו אורך גל הקול באוויר? (6 נקודות)

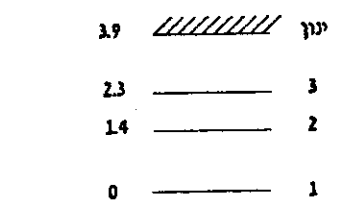
ד. במקרה אחר עומד קטר נוסף על המסילה, מצדו השני של הנער ובמרחק הגדול ב- 1.5 מטר ממרחק הקטר הראשון מהנער. הקטר השני צופר באותו רגע שצופר הקטר הראשון, באותה תדירות ובאותה משרעת כמו הקטר הראשון, כך שהצפירות מתואמות (שוות־מופע). עתה, כשמצמיד הנער את אזנו למסילה, הוא אינו שומע קול דרך המסילה.

האם ישמע את הקול באוויר? הסבר. (14 נקודות)

פרק שני – פיסיקה מודרנית

21. א. תאר בקצרה ניסוי להדגמת אופיו הגלי של האלקטרון. (15 נקודות)

בתרשים מתוארות שלוש רמות אנרגיה של אטום מסוים וכן אנרגיית היינון שלו. פוטון באורך גל $\lambda = 3100\text{Å}$ משחרר אלקטרון מהרמה מס' 2 של האטום, תוך מסירת כל האנרגיה שלו לאלקטרון.



ב. מהי האנרגיה הקינטית של האלקטרון המשתחרר? (20 נקודות)

ג. מהו אורך הגל של האלקטרון המשתחרר? (15 נקודות)

22. א. גרעין האיזוטופ $^{239}_{92}U$ פולט שני חלקיקי β^- , ומתקבל גרעין איזוטופ של פלוטוניום.

מהו המספר האטומי ומהו מספר המסה של איזוטופ פלוטוניום זה? הסבר .

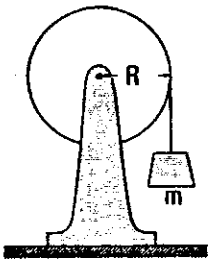
(10 נקודות)

ב. עד איזה מרחק מינימלי יכול חלקיק α בעל אנרגיה קינטית של 6 MeV להתקרב אל גרעין זהב $^{197}_{79}Au$, בהנחה שגרעין הזהב נשאר קבוע במקומו? (25 נקודות)

ג. בגרעין האטום מרוכזים פרוטונים בתוך נפח קטן. בין הפרוטונים פועלים כוחות דחייה חשמליים.

מהו הגורם המונע את התפזרות הפרוטונים? (15 נקודות)

פרק שלישי – מכניקה של גוף קשיח



23. דיסקה אחידה שמסתה M ורדיוסה R תופשית להסתובב על ציר אופקי העובר במרכזה. לנקודה על היקפה של הדיסקה קשור קצה אחד של חוט, והחוט כרוך פעמים אחדות סביב היקף הדיסקה.
בקצהו השני של החוט תלויה משקולת שמסתה m (ראה תרשים). מניחים למשקולת לרדת, ממצב מנוחה, במשך t שניות.

א. בטא את תאוצת המשקולת באמצעות m , M ו g . (20 נקודות)

ב. בטא את השינויים באנרגיה הפוטנציאלית של המשקולת ובאנרגיות הקינטיות של המשקולת ושל הדיסקה במשך t שניות אלה באמצעות m , M , g ו t . (20 נקודות)

ג. הראה שהאנרגיה נשמרת בתהליך זה. (10 נקודות)

24. בקרקס מסתובב משטח אופקי עגול ("קרוסלה") על ציר אנכי ללא חיכוך. המשטח הוא דיסקה אחידה שמסתה $M = 480\ kg$ ורדיוסה $R = 10\ m$; מהירותה הזוויתית $\omega_o = 1\frac{rad}{s}$.
ברגע מסוים נוחת רוכב אופניים נחיתה אנכית בנקודה שמרחקה $r = 6\ m$ ממרכז הדיסקה. מסת הרוכב על אופניו $m = 120\ kg$. הרוכב נצמד למשך זמן מה לנקודת נחיתתו על־פני הדיסקה; זהו שלב I. אחר־כך, בשלב II , הוא רוכב על־פני הדיסקה המסתובבת, במעגל שרדיוסו $r = 6\ m$, במגמה המנוגדת למגמת סיבובה של הדיסקה, ובמהירות $v = 2\frac{m}{s}$ <u>ביחס לדיסקה</u>.

א. חשב את המהירויות הזוויתיות של הדיסקה בשלבים I , II . (35 נקודות)

ב. באיזו מגמה ובאיזו מהירות, <u>יחסית לדיסקה</u>, חייב רוכב האופניים לרכב, על מנת שהדיסקה תחזור ותסתובב במהירות הזוויתית ההתחלתית $\omega_o = 1\frac{rad}{s}$? (15 נקודות)

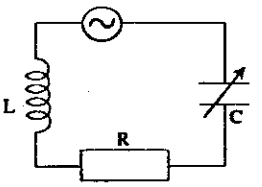
פרק רביעי – זרם חילופין

25. א. (1) הסבר מהי "תהודה" במעגל R,L,C טורי. (10 נקודות)

(2) תאר שימוש מעשי בתופעה זו. (10 נקודות)

ב. מעגל זרם החילופין המתואר בתרשים מכיל מקור מתח של 20 וולט (ערך אפקטיבי) שתדירותו 50 Hz, נגד שהתנגדותו R, סליל השראות L וקבל שקיבולו C ניתן לשינוי. כאשר קיבול הקבל 1μF, הזרם במעגל מגיע לערך אפקטיבי מרבי של 0.5 A.

חשב את:



(1) ההתנגדות R של הנגד.

הנח שההתנגדות האומית של שאר מרכיבי המעגל זניחה. (10 נקודות)

(2) ההשראות L של הסליל. (10 נקודות)

(3) המתח האפקטיבי V_C על הקבל כאשר קיבולו 1μF. (10 נקודות)

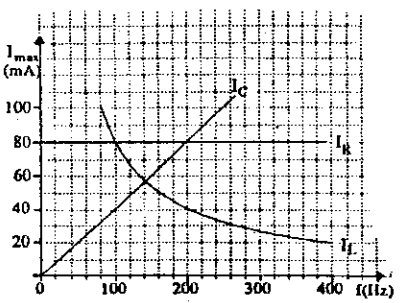
26. למקור מתח חילופין חֵסֶר התנגדות פנימית, שאת תדירותו אפשר לשנות, מחברים פעם אחת נגד שהתנגדותו R = 100 Ω, פעם שנייה סליל אידיאלי (חסר התנגדות אומית) שהשראותו L, ופעם שלישית קבל שקיבולו C. בתרשים שלפניך שלושה גרפים המתארים את הזרם המרבי כפונקציה של תדירות מקור המתח בכל אחד משלושה מעגלים אלה.

א. מהו המתח המרבי של מקור המתח? (10 נקודות)

ב. מהו ההספק הממוצע המתפתח בנגד? (10 נקודות)

ג. מהי ההשראות L של הסליל? (10 נקודות)

ד. מהו הקיבול C של הקבל? (10 נקודות)



ה. למקור מתח החילופין מחברים בטור את הנגד, את הסליל ואת הקבל.

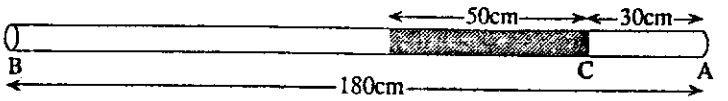
(1) מה צריכה להיות תדירות מקור המתח כדי שבמעגל יזרום זרם מרבי? (6 נקודות)

(2) מהי עוצמת הזרם המרבי? (4 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים

27. צינור זכוכית אופקי AB , שאורכו 180 cm , סגור בקצהו האחד A ופתוח בקצהו השני B .
בתוך הצינור "עמוד כספית" שאורכו 50 cm , הכולא "עמוד אוויר" AC שאורכו 30 cm
(ראה תרשים).

טמפרטורת המערכת נשארת קבועה, והלחץ האטמוספירי הוא 1 אטמוספירה.



א. מה יהיה אורך עמוד האוויר הכלוא, כאשר יעמידו את הצינור בצורה אנכית, כך שפתחו B נמצא למטה? (20 נקודות)

ב. כאשר הצינור במצב אופקי סוגרים את הפתח B , וחוזרים ומעמידים אותו בצורה אנכית, כך שקצהו B נמצא למטה.

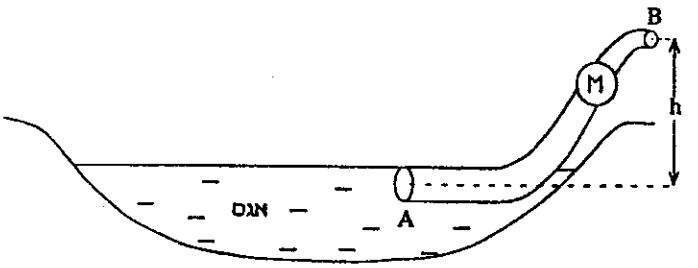
מה יהיו במצב זה:

(1) אורך עמוד האוויר הכלוא AC ? (20 נקודות)

(2) לחץ האוויר ב AC ? (10 נקודות)

28. משאבה M שואבת מים מאגם דרך צינור AB . המים נכנסים לצינור דרך פתח A ,
ויוצאים מהצינור דרך פתח B , בקצב של 10 $\frac{\text{ליטר}}{\text{שנייה}}$ (ראה תרשים) .

גובה הפתח B מעל הפתח A הוא $h = 20\ m$, רדיוס הצינור בפתח A הוא $r_A = 5\ cm$,
ורדיוס הצינור בפתח B הוא $r_B = 2\ cm$.

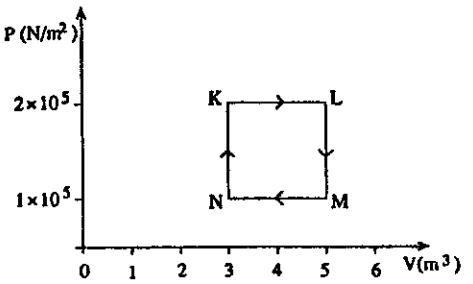


א. חשב את לחץ המים בפתח A , אם לחץ המים בפתח B הוא 1 אטמוספירה.
(30 נקודות)

ב. חשב את הספק המשאבה, בהנחה שנצילותה 100% . (20 נקודות)

פרק שישי - תרמודינמיקה

29. מנוע מבצע את התהליך המחזורי המתואר בתרשים. המנוע מורכב מגליל עם בוכנה ניידת, ובתוכו 100 מול גז הליום. הגז מתפשט התפשטות איזוברית ממצב התחלתי שבו נפח הגז $3\ m^3$ ולחצו $2\times10^5\ N/m^2$ (הנקודה K), עד שנפחו מגיע ל $5\ m^3$ (הנקודה L). לאחר מכן מתבצע תהליך איזוכורי עד שלחץ הגז במנוע מגיע ל $10^5\ N/m^2$ (הנקודה M). אחר־כך חלה דחיסה של הגז בתהליך איזוברי עד לנפח $3\ m^3$ (הנקודה N), ולבסוף מתבצע תהליך איזוכורי והגז חוזר למצבו ההתחלתי (הנקודה K).



א. מהי העבודה שמבצע המנוע במשך מחזור אחד KLMNK ?
חשב את העבודה, קבע את סימנה והסבר את תשובתך. (15 נקודות)

ב. חשב את כמות החום הדרושה לביצוע כל אחד מארבעת השלבים של המחזור (K→L , L→M , M→N , N→K), וציין לגבי כל כמות חום אם המנוע קולט אותה, או שהוא פולט אותה. (25 נקודות)

ג. מהי הנצילות התרמודינמית של המנוע? (10 נקודות)

30. 2 מול גז אידיאלי חד־אטומי מתפשטים התפשטות איזוברית מנפח התחלתי של $0.03\ m^3$ לנפח סופי של $0.07\ m^3$. לחץ הגז 1.5 אטמוספירות.

א. חשב את הטמפרטורה הסופית ואת הטמפרטורה ההתחלתית של הגז. (10 נקודות)

ב. מהי כמות החום Q שהגז קלט? (20 נקודות)

ג. חשב את השינוי באנטרופיה של הגז כתוצאה מהתפשטותו האיזוברית. (20 נקודות)

פיסיקה מעבדת חקר

מבנה הבחינה: בבחינה זו שני ניסויים:

ניסוי א	-	שעה וחצי	-	50 נקודות
ניסוי ב	-	שעה וחצי	-	50 נקודות
סה"כ	-	שלוש שעות	-	100 נקודות

ניסוי א: חקירת תלות הקבוע של קפיץ באורכו

לרשותך עומד לצורך ניסוי זה, הציוד הבא:

קפיץ;

צינור עם שני נקבים, אחד מול השני;

מסמר;

כַּן (סטטיב) עם אוחז;

6 משקולות בנות 0.30 ק"ג כל אחת;

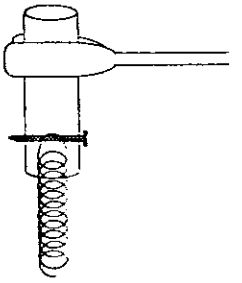
סלסלה;

סרגל.

חלק ראשון - בניית המערכת הניסויית (8 נקודות)

הרכב את המערכת המתוארת בתרשים. שים לב: המסמר עובר דרך שני הנקבים שבצינור, והצינור מהודק לכַּן (סטטיב) באמצעות אוחז.

חלק הקפיץ שבין המסמר לבין הקצה התחתון של הקפיץ (כאשר הקפיץ אינו עמוס), ייקרא להלן "החלק הפעיל" של הקפיץ. בשלב זה "החלק הפעיל" של הקפיץ הוא כל הקפיץ.



חלק שני - ביצוע הניסוי (17 נקודות)

1. מדוד ורשום את אורכו של "החלק הפעיל" של הקפיץ.

2. תלה את הסלסלה על הקצה התחתון של הקפיץ, והכנס לתוכה משקולת אחת. למצב שבו תלויה על הקפיץ סלסלה ובתוכה משקולת אחת נקרא "מצב התחלתי".

3. הכן טבלה שבה תוכל להכניס את הנתונים הבאים:

   ΔF - תוספת הכוח שמפעיל הקפיץ על הסלסלה (ביחס "למצב ההתחלתי");

   Δx - התארכות הקפיץ (ביחס "למצב ההתחלתי").

4. הכנס לסלסלה משקולת נוספת, ורשום בטבלה את תוספת הכוח שמפעיל הקפיץ על המשקולת (ביחס "למצב ההתחלתי") ואת התארכותו של הקפיץ (ביחס "למצב ההתחלתי").

5. הכנס לסלסלה משקולות נוספות, מדוד ורשום בטבלה בכל פעם את תוספת הכוח (ביחס "למצב ההתחלתי") ואת ההתארכות של הקפיץ (ביחס "למצב ההתחלתי").

6. שנה שלוש פעמים את אורכו של "החלק הפעיל" של הקפיץ: לשלושה רבעים מן האורך המקורי, לחצי מן האורך המקורי, ולרבע מן האורך המקורי.

   לגבי כל אחד מן האורכים הללו, חזור על הפעולות המפורטות בסעיפים 1 - 5.

   שים לב: כדי לשנות את אורכו של "החלק הפעיל", למשל לשלושת רבעי אורך הקפיץ, הוצא את המסמר, הכנס את הקפיץ כך שתמרחק בין הנקבים לבין הקצה התחתון של הקפיץ יהיה שווה לשלושה רבעים מאורך הקפיץ, והשחל את המסמר כך שיעבור דרך הנקבים ודרך הקפיץ.

חלק שלישי - ניתוח, מסקנות ושאלות (25 נקודות)

לגבי כל אחד מארבעת האורכים שלגביהם ביצעת מדידות, סרטט גרף של תוספת הכוח שמפעיל הקפיץ על הסלסלה והמשקולות (ביחס "למצב ההתחלתי"), כפונקציה של התארכות הקפיץ (ביחס "למצב ההתחלתי"). בסך הכל עליך לסרטט ארבעה גרפים.

לגבי כל אחד מארבעת האורכים, מצא מתוך הגרף המתאים את קבוע הקפיץ (של "החלק הפעיל").

9. הכן טבלה שבה תוכל להכניס את הנתונים הבאים:

ℓ – אורך "החלק הפעיל" של הקפיץ;

k – קבוע הקפיץ (של "החלק הפעיל").

10. נתח ונסח מסקנה בדבר הקשר בין אורך קפיץ לבין הקבוע שלו.

11. מה יהיה הקבוע של קפיץ, הזהה לקפיץ שברשותך, אך אורכו כפול מאורך הקפיץ שברשותך?

ניסוי ב: תכונות תא פוטוולטאי

לרשותך עומד לצורך ניסוי זה, הציוד הבא:

ספק למתח ישר של 1.5 V ו 3 V;

נורה בתוך בית־נורה, המהודקת לתא פוטוולטאי בעזרת גומיות כאשר שני תיילים מחוברים להדקי התא הפוטוולטאי ושני תיילים מחוברים להדקי הנורה (ראה תרשים 1);

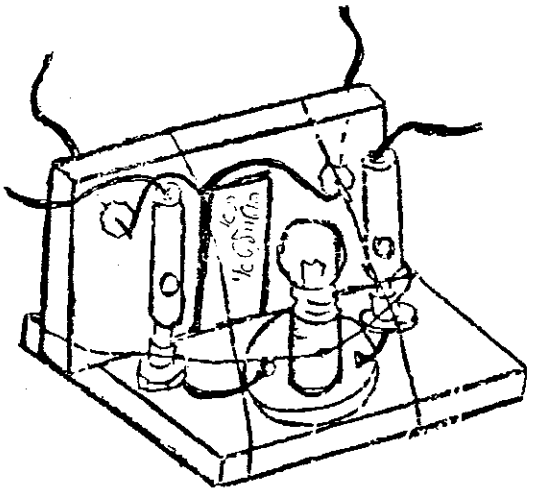
וולטמטר (או מולטימטר) דיגיטלי בעל תחום מדידה של 2 V;

מיקרואמפרמטר אנלוגי בעל תחום מדידה של 50 μA או 100 μA, או אמפרמטר (מולטימטר) דיגיטלי בעל תחום מדידה של 200 μA;

תיבת נגדים;

3 תיילי הולכה נוספים עם בננות בקצותיהם;

בד שחור שממדיו 30 cm × 30 cm לפחות.



תרשים 1

חלק ראשון - בניית המערכת הניסויית (10 נקודות)

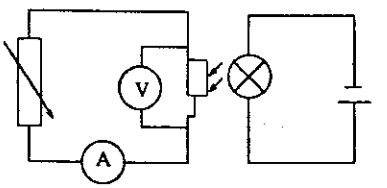
א. הכרת תכונות בסיסיות של תא פוטוולטאי:

חבר את הוולטמטר (או מולטימטר המכוון כוולטמטר) להדקים של התא הפוטוולטאי כך שסקלת הוולטמטר מראה 2 V . שַׁנֵּה את עוצמת האור הפוגע בתא הפוטוולטאי, ועקוב תוך כדי כך על הוראת הוולטמטר.

שים לב: תוכל לשנות את עוצמת האור הפוגע בתא הפוטוולטאי על־ידי כך שתסתיר את התא הפוטוולטאי באמצעות הזזת ידך הפנויה.

ב. בנה את המערכת המתוארת בתרשים 2.

שים לב: הסימון מייצג תא פוטוולטאי.



תרשים 2

ג. כוון את הספק למתח של 3 V ובדוק שהנורה מאירה כאשר הספק מופעל.

ד. כסה את מערכת הנורה והתא הפוטוולטאי בבד, כדי למנוע פגיעת אור שמקורו מחוץ למערכת של התא הפוטוולטאי והנורה.

חלק שני - ביצוע הניסוי (15 נקודות)

1. אם האמפרמטר שברשותך הוא דיגיטלי, בחר בסקלה המתאימה ביותר למדידת זרמים שעוצמתם עד 50 μA .

2. כוון את תיבת הנגדים לערך המרבי של ההתנגדות.

שים לב: בתיבת הנגדים מצוי מתג המאפשר בחירת קבוצת נגדים בעלי התנגדות גבוהה וקבוצת נגדים בעלי התנגדות נמוכה. בנוסף למתג זה יש שני בוררי נגדים.

3. הפעל את הספק (כאשר הוא מכוון ל 3 V), וקרא את הוראת הוולטמטר. רשום ערך זה במחברתך, וסמן אותו ב V_1 .

4. נתק מתיבת הנגדים את אחד התיילים המחוברים אליה. רשום את הוראת הוולטמטר במצב זה, וסמן במחברתך ערך זה ב־ V_2 .

5. הכן טבלה שבה תוכל להכניס את הנתונים הבאים:
V - הוראת הוולטמטר
I - הוראת האמפרמטר

6. רבר את התיל שניתקת לתיבת הנגדים. הקטן את התנגדות התיבה עד שהאמפרמטר מראה זרם שעוצמתו ב־ 5 μA . רשום את הוראת האמפרמטר ואת הוראת הוולטמטר בטבלה. המשך להקטין את התנגדות תיבת הנגדים, ורשום בכל פעם את עוצמת הזרם ואת המתח בטבלה. הפסק את המדידות כאשר הוראת האמפרמטר עולה על 40 μA.

7. נתק מתיבת הנגדים את אחד התיילים המחוברים אליה. כוון את מתח הספק ל־ 1.5 V כדי להקטין את עוצמת האור של הנורה, ורשום את קריאת הוולטמטר. סמן במחברתך ערך זה ב־ V_3 .

חלק שלישי - ניתוח, מסקנות ושאלות (25 נקודות)

8. האם V_1 שווה ל־ V_2 (מדידות שבוצעו בסעיפים 3 - 4)? הסבר.

9. סרטט, לפי הנתונים שבטבלה, דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של המתח V כפונקציה של עוצמת הזרם I , וסרטט את הקו הישר המתאים ביותר שעובר בין הנקודות.
שים לב: רצוי שבראשית הצירים ערך המתח (הציר האנכי) לא יהיה אפס אלא ערך נוח יותר, בהתאם לערכי המתחים שהתקבלו בניסוי.

10. מצא מתוך הגרף את הכא"מ של התא הפוטוולטאי ואת התנגדותו הפנימית.

11. השווה את ערך הכא"מ שהתקבל בסעיף 10 עם V_2 (נמדד בסעיף 4). הסבר.

12. האם כא"מ התא הפוטוולטאי המואר על־ידי הנורה כשהיא מופעלת על־ידי מתח של 1.5 V , שווה לכא"מ שלו כאשר הנורה מופעלת על־ידי מתח של 3 V ? הסבר את מסקנתך בהסתמך על תוצאות מדידותיך.

תשובות סופיות - מבחן 1990

1. א. $X = 5\ m$ ב. $v = 11.18\ \frac{m}{sec}$ ג. $X = 6\ m$ ד. קו ישר

2. א. $m = 1\ kg$ ב. $a = 5\ \frac{m}{sec^2}$ ג. $h = 2.45\ m$

3. א. $T_C = 24.4\ N$ ב. $a_B = 61.25\ \frac{m}{sec^2}$

4. א. $t = 0.157\ sec$ ב. בכיוון O ג. $t = 0.577\ sec$

5. א. $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot R \cdot \left(\frac{h}{R + h}\right)}$ ג. (1) תאוצה משתנה (2) תאוצה קבועה

6. 10^{10}

7. א. כיוון צפון ב. כיוון צפון

11. א. $\frac{3}{7}$ ב. $\frac{7}{3}$

12. ב. $t = 17{,}190\ year$

13. $n = 1 \cdot 10^{14}$

14. א. $q = 1.78 \cdot 10^{-8}\ C$ ב. $W = 0$ (2),(3),(4) $W = 0.016\ J$ (1)

ג. $E = 10^4\ \frac{N}{C}$ (2) $E = 0$ (1)

15. א. $E = 3.75 \cdot 10^5\ \frac{N}{C}$; $V = 750\ V$; $Q = 1.5 \cdot 10^{-6}\ C$

ב. $W = 4.5 \cdot 10^{-4}\ J$

16. ג. $r = 0.25\ \Omega$; $\epsilon = 1\ V$ ד. $I = 4\ A$

17. א. $v = 3.75 \cdot 10^7\ \frac{m}{sec}$ ב. $B = 4.27 \cdot 10^{-3}\ T$

18. א. הכ.א.מ. גדל ב. $\epsilon = 0.222\ V$ ג. $I = 0.5\ A$

.19 דמות א' במרחק 1 m , דמות ב' במרחק 3 m, דמות ג' במרחק 0.6 m

.20 ב. (1) $X = 3300\ m$ (2) $t = 10\ sec$ ג. $\lambda_1 = 3\ m$; $\lambda_2 = 0.3\ m$

.21 ב. $E_K = 1.51\ eV$ ג. $\lambda = 10\ Å$

.22 א. X_{94}^{239} ב. $R = 3.79 \cdot 10^{-14}\ m$ ג. הכח החזק

.23 א. $a = \frac{2mg}{2m + M}$ ב.

$$E_p = \frac{m^2g^2 \cdot t^2}{2m + M}\ ;\ E_{K\,1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{2mg \cdot t}{2m + M}\right)^2;\ E_{K\,2} = \frac{M}{4} \cdot \left(\frac{2mg}{2m + M} \cdot t\right)^2$$

.24 א. (I) $\omega = 0.847\ \frac{rad}{sec}$ (II) $\omega = 0.898\ \frac{rad}{sec}$ ב. $v = -6\ \frac{m}{sec}$

.25 ב. $V_C = 1592\ V$; $L = 10.13\ H$; $R = 40\ \Omega$

.26 א. $V_{max} = 8\ V$ ב. $P = 0.32\ W$ ג. $L = 0.16\ H$

ד. $C = 7.96 \cdot 10^{-6}\ F$ ה. (1) $f = 141\ Hz$ (2) $I = 80\ mA$

.27 א. $h = 87.7\ cm$ ב. (1) $h = 50.3\ cm$ (2) $P = 0.596\ at$

.28 א. $P_A = 3.3\ at$ ב. $P = 2316\ W$

.29 א. $W = 2 \cdot 10^5\ J$

ב. $Q_{NK} = 4.5 \cdot 10^5\ J$; $Q_{KL} = 10^6\ J$;

$Q_{LM} = -7.5 \cdot 10^5\ J$; $Q_{MN} = -5 \cdot 10^5\ J$

ג. $\eta = 14\%$

.30 א. $T_1 = 638^0K$ $T_2 = 273.5^0K$

ב. $Q = 1.5 \cdot 10^4\ J$ ג. $\Delta S = 35\ \frac{J}{K}$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. הכדור נזרק בזריקה אופקית. זמן התנועה נקבע על פי ציר ה- Y:

$$y = \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2\cdot y}{g}} = \sqrt{\frac{2\cdot 5}{10}} = 1\ \text{sec}$$

המרחק האופקי שהגוף עובר הוא: $X = v_0\cdot t = 5\cdot 1 = 5\ \text{m}$

ב. רכיב המהירות בציר X הוא קבוע: $v_X = v_0 = 5\ \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

רכיב המהירות בציר Y הוא: $v_Y = g\cdot t = 10\cdot 1 = 10\ \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

גודל המהירות השקולה הוא:

$$v = \sqrt{v_X^2 + v_Y^2} = \sqrt{5^2 + 10^2} = 11.18\ \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

ג. זמן התנועה לא משתנה כי הוא תלוי בציר ה- Y בלבד.
בציר ה- X התנועה היא שוות תאוצה.

נמצא את התאוצה: $\Sigma F_X = ma$

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0.2}{0.1} = 2\ \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

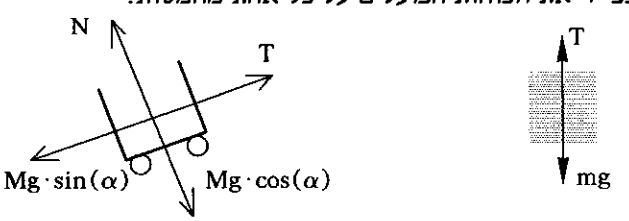
המרחק האופקי החדש הוא:

$$X = v_0\cdot t + \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 = 5\cdot 1 + \frac{1}{2}\cdot 2\cdot 1^2 = 6\ \text{m}$$

ד. על הגוף פועל כח שקול הגורם לתאוצה קבועה. מכיוון שהמהירות ההתחלתית שווה לאפס יהיה כיוון התנועה של המסה בכיוון שקול הכוחות והתנועה תהיה בקו ישר.

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. נצייר את הכוחות הפועלים על כל אחת מהמסות:



לגבי שתי המסות שקול הכוחות שווה לאפס כי התנועה שוות מהירות.

משוואת הכוחות למסה m היא: $T - mg = 0$

משוואת הכוחות למסה M היא: $Mg\cdot\sin(\alpha) - T = 0$

חיבור שתי המשוואות נותן: $Mg\cdot\sin(\alpha) = mg$

$$m = M\cdot\sin(\alpha) = 2\cdot\sin(30^0) = 1\ kg$$

ב. הקרונית מתחילה לנוע בתנועה שוות תאוצה כלפי מטה. תאוצת הקרונית היא תאוצת כל גוף במישור משופע חלק:

$$a = g\cdot\sin(\alpha) = 10\cdot\sin(30^0) = 5\ \frac{m}{sec^2}$$

המסה נעה בזריקה אנכית כלפי מעלה. המהירות ההתחלתית היא המהירות הקבועה של המערכת לפני קריעת החוט.

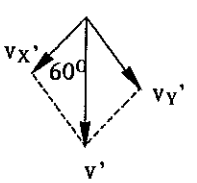
ג. נמצא את מהירות הקרונית ברגע הפגיעה:

$$v_t = v_0 + a\cdot t = 1 + 5\cdot 0.5 = 3.5\ \frac{m}{sec}$$

בהתנגשות בין המסה m' והקרונית נשמר התנע רק בכיוון מקביל למישור המשופע. בכיוון המאונך למישור המשופע מפעיל המשטח כח הגורם לשינוי התנע עד לאפס (אין תנועה בציר הזה לאחר המגע במשטח)

אם מהירות הקרונית v לא משתנה עקב ההתנגשות הרי שמהירות המסה m' ברכיב ה- X של המישור המשופע v_X' שווה למהירות הקרונית:

$$m\cdot v + m'v_X' = (m + m')\cdot v \implies v' = v$$



נמצא מכך את מהירות המסה m' ברגע הפגיעה:

$$\frac{v_X'}{v'} = \cos(60^0)$$

$$v' = \frac{v_X'}{\cos(60^0)} = \frac{3.5}{0.5} = 7\ \frac{m}{sec}$$

את הגובה נמצא בעזרת שיקולי אנרגיה:

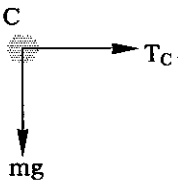
בנקודה העליונה כל האנרגיה היא אנרגיה פוטנציאלית ובנקודה התחתונה כל האנרגיה היא קינטית:

$$E_A = E_B$$

$$m\cdot g\cdot h = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v'^2$$

$$h = \frac{v'^2}{2\cdot g} = \frac{7^2}{2\cdot 10} = 2.45\ m$$

פיתרון מספר 3 - מכניקה



א. בנקודה C הכוחות הם:

נשתמש במשוואת הכוחות: $\Sigma F_R = m\frac{v^2}{R}$

הכח היחידי בכיוון מרכז המעגל הוא המתיחות:

$$T_C = m\frac{v_C^2}{R}$$

את המהירות בנקודה C נמצא בעזרת שיקולי אנרגיה עם הנקודה A.
נבחר את מישור היחוס בנקודה A. הנקודה C גבוהה ממנה ב- R .

$$E_A = E_C \implies \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_A^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_C^2 + m\cdot g\cdot R$$

$$v_C = \sqrt{v_A^2 - 2\cdot g\cdot R} = \sqrt{9^2 - 2\cdot 10\cdot 0.8} = 8.06\ \frac{m}{sec}$$

מכאן: $T_C = m\cdot\frac{v^2}{R} = 0.3\cdot\frac{8.06^2}{0.8} = 24.4\ N$

ב. הכוחות הפועלים בנקודה B הם:

שקול הכוחות בכיוון מרכז הסיבוב הוא:

$$\Sigma F_R = mg + T_B = m\cdot\frac{v^2}{R}$$

אין תאוצה משיקית בנקודה והתאוצה השקולה שווה לתאוצה הרדיאלית.

את המהירות בנקודה B נמצא בעזרת שיקולי אנרגיה עם הנקודה A.
נבחר את מישור היחוס בנקודה A. הנקודה B גבוהה ממנה ב- 2R .

$$E_A = E_B \implies \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_A^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_B^2 + m\cdot g\cdot 2R$$

$$v_B = \sqrt{v_A^2 - 4\cdot g\cdot R} = \sqrt{9^2 - 4\cdot 10\cdot 0.8} = 7\ \frac{m}{sec}$$

ומכאן:

$$a_B = \frac{v_B^2}{R} = \frac{7^2}{0.8} = 61.25\ \frac{m}{sec^2}$$

ג. המהירות בנקודה D שווה בגודלה למהירות בנקודה C.
כיוון המהירות הוא כלפי מטה כך שהגוף נזרק כלפי מטה במהירות התחלתית של $8.06\ \frac{m}{sec}$. מסלול הגוף הוא ישירות כלפי מטה בקו ישר.

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. הזמן מן הנקודה הרחוקה ביותר במסלול ועד נקודת שיווי המשקל הוא רבע זמן מחזור.

$$t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4}\cdot\left(2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{K}}\right) = \frac{1}{4}\cdot\left(2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{0.5}{50}}\right) = 0.157\ sec$$

ב. כיוון הכח השקול בתנועה הרמונית הוא תמיד לכיוון נקודת שיווי המשקל כך שהכח השקול מכוון תמיד לכיוון הנקודה O.

ג. נמצא את מהירות המסה בנקודת שיווי המשקל בעזרת שיקולי אנרגיה.
(בקפיץ אנכי ניתן לחשב את האנרגיה של הקפיץ ביחס לנקודת שיווי המשקל ולהתעלם מהאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית).

$$E_A = E_O \implies \frac{1}{2}\cdot K\cdot A^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

$$v = A\cdot\sqrt{\frac{K}{m}} = 0.08\cdot\sqrt{\frac{50}{0.5}} = 0.8\ \frac{m}{sec}$$

התנועה היא בתאוצה g כלפי מטה :

$$X = v_O\cdot t + \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2$$

$$2 = 0.8\cdot t + 5\cdot t^2$$

פתרון המשוואה הריבועית הוא: $t_{1,2} = 0.557\ sec\ ;\ -0.717\ sec$

הפתרון הוא: $t = 0.577\ sec$

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. נשתמש בשיקולי אנרגיה.
בנקודה A ממנה מתחיל הגוף ליפול האנרגיה היא פוטנציאלית בלבד:

$$E_A = -\frac{G\cdot M\cdot m}{(R + h)}$$

בנקודה B בה פוגע הגוף בפני הכוכב האנרגיה היא קינטית ופוטנציאלית:

$$E_B = -\frac{G\cdot M\cdot m}{R} + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

משוויון האנרגיה נקבל:

$$-\frac{G\cdot M\cdot m}{R}+\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2=-\frac{G\cdot M\cdot m}{(R+h)}$$

$$v^2=2\cdot G\cdot M\cdot\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R+h}\right)$$

על פני הכוכב מתקיים השוויון: $mg=\frac{G\cdot M\cdot m}{R^2}$

ממנו נקבל את הקשר לתאוצת הכובד g: $G\cdot M=g\cdot R^2$

נציב ונקבל את הביטוי:

$$v^2=2\cdot g\cdot R^2\cdot\left(\frac{1}{R}-\frac{1}{R+h}\right)=2\cdot g\cdot R\cdot\left(\frac{h}{R+h}\right)$$

$$v=\sqrt{2\cdot g\cdot R\cdot\left(\frac{h}{R+h}\right)}$$

ב. כאשר $h \ll R$ הביטוי במכנה שווה ל- R.

$$v\approx\sqrt{2\cdot g\cdot R\cdot\left(\frac{h}{R}\right)}\approx\sqrt{2\cdot g\cdot h}$$

ג. (1) כאשר $h \gg R$ התנועה היא בתאוצה משתנה כי הכח בין המסות תלוי במרחק ביניהן.

(2) כאשר $h \ll R$ התנועה היא שוות תאוצה בתאוצה g. זהו המצב קרוב לפני הכוכב.

פיתרון מספר 6 - שאלון השלמה

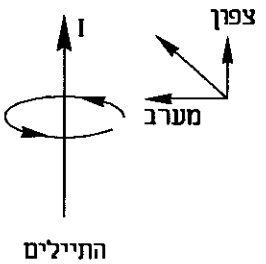
תאוצת הכובד על פני כוכב נתונה בביטוי: $g=\frac{G\cdot M}{R^2}$

אם הכוכב מתכווץ ללא שינוי מסה מרדיוס של $7\cdot10^8$ m (שהוא רדיוס השמש לפי הטבלה) לרדיוס של $7\cdot10^3$ m , יחס תאוצות הכובד הוא:

$$\frac{g'}{g}=\frac{\frac{G\cdot M}{R'^2}}{\frac{G\cdot M}{R^2}}=\frac{R^2}{R'^2}=\frac{(7\cdot10^8)^2}{(7\cdot10^3)^2}=10^{10}$$

פיתרון מספר 7 - שאלון השלמה

א. הזרם בשני התיילים הוא באותו הכיוון כי הכח ביניהם הוא כח משיכה.
ללא השפעת התיילים מראה מחט מגנטית כלפי צפון, ואם עכשיו היא מראה כיוון צפון מערב, הרי שכיוון השדה של התיילים מתחתם הוא מערב.



כיוון הזרם בתיילים, לפי כלל יד ימין הוא כלפי צפון.

ב. בנקודה הנמצאת בין התיילים במרחק שווה משניהם השדה המגנטי שלהם מבטל זה את זה והמחט תראה את כיוון הצפון.

פיתרון מספר 8 - שאלון השלמה

א. האור הפוגע בירח מן השמש מוחזר אלינו וכך אנחנו רואים את הירח כמו שאנחנו רואים את כל הדברים שמסביבנו שאינם מקורות אור.

ב. בליקוי חמה מסתיר הירח את השמש מכדור הארץ. השמש ממשיכה להאיר אבל האור שלה לא מגיע אל כדור הארץ.

בליקוי ירח מסתיר כדור הארץ את הירח מן השמש והירח לא מאיר כלל. זהו ליקוי יותר "אמיתי" כי המקור מפסיק להאיר ולא רק מוסתר.

פיתרון מספר 9 - שאלון השלמה

א. נקודת צומת היא נקודה שהמשרעת שלה היא אפס באופן קבוע.

ב. התדירות היסודית של מיתר הגיטרה, ככל גל עומד, נוצרת כאשר אורך המיתר הוא מחצית אורך גל: $L = \frac{\lambda}{2}$

כאשר מקצרים את המיתר יקטן אורך הגל המתאים.

מנוסחת הגלים: $v = \lambda \cdot f$ אנחנו יודעים שהקטנת אורך גל גורמת להגדלת תדירות כך שהצליל החדש יהיה בעל תדירות גבוהה יותר, היינו צליל גבוה יותר.

פיתרון מספר 10 - שאלון השלמה

מראה כדורית קעורה מגדילה את הדמות המדומה הנוצרת בה כך שאפשר לראות בה פרטים באופן ברור יותר. במראה מישורית אין הגדלה והדמות שווה בגודלה לגוף.

פיתרון מספר 11 - שאלון השלמה

א. האנרגיה של פוטון נתונה בנוסחה: $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

לכן יחס האנרגיות הוא: $\frac{E_{(7000)}}{E_{(3000)}} = \frac{\frac{h \cdot c}{7000 \cdot 10^{-10}}}{\frac{h \cdot c}{3000 \cdot 10^{-10}}} = \frac{3}{7}$

ב. ההספק הוא מכפלת האנרגיה של פוטון בודד במספר הפוטונים הנפלטים בשניה. אם האנרגיה של הפוטון קטנה, חייב מספר הפוטונים הנפלטים בשניה לגדול באותו היחס, כדי שההספק ישאר קבוע.

מספר הפוטונים הנפלטים בשניה יגדל פי $\frac{7}{3}$.

פיתרון מספר 12 - שאלון השלמה

א. זמן מחצית חיים הוא הזמן עד להתפרקות מחצית מכמות החומר הרדיואקטיבי.

ב. כדי להגיע לשמינית מהכמות המקורית עוברים שלושה זמני מחצית חיים כי: $\left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{1}{8}$

לכן הזמן המכסימלי הוא: $t = 3 \cdot T_{1/2} = 3 \cdot 5730 = 17,190 \text{ year}$

פיתרון מספר 13 - שאלון השלמה

בכל תהליך של שחרור נויטרון אחד משתחררת אנרגיה של:

$E = 3.3 \text{ MeV} = 3.3 \cdot 10^6 \text{ eV} = 3.3 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 5.28 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

אם משתחררת בתהליך מסוים אנרגיה של 52.8 J , מספר הנויטרונים המשתחרר הוא: $n = \frac{52.8}{5.28 \cdot 10^{-13}} = 1 \cdot 10^{14}$

פיתרון מספר 14 - חשמל

א. מן הנתון על הפוטנציאל על פני הכדור: $V = \frac{K \cdot q}{R}$

$$q = \frac{R \cdot V}{K} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 8000}{9 \cdot 10^{9}} = 1.78 \cdot 10^{-8}\ C$$

ב. עבודת השדה החשמלי היא מינוס העבודה החיצונית הדרושה להעברת המטען ושווה למכפלת הפרש הפוטנציאלים במטען המועבר.

(1) $W_{E\ A \to B} = -W_{F\ A \to B} = q \cdot (V_A - V_B) = 8 \cdot 10^{-6} \cdot (6000 - 4000) = 0.016\,J$

הנקודות הן שוות פוטנציאל ולכן אין עבודה: (2) $W = 0$

אין הפרש פוטנציאלים בין תחילת וסוף המסלול: (3) $W = 0$

הפוטנציאל על פני כדור שווה לפוטנציאל על פניו כך שגם במקרה זה אין הפרש פוטנציאלים בין הנקודות. (4) $W = 0$

ג. (1) בתוך כדור מוליך השדה החשמלי שווה לאפס.

(2) נמצא את רדיוס הנקודה B מן הנתון על הפוטנציאל בנקודה.

$$V_B = \frac{K \cdot q}{R_B} \implies R_B = \frac{K \cdot q}{V_B} = \frac{9 \cdot 10^{9} \cdot 1.78 \cdot 10^{-8}}{4000} = 0.04\ m$$

השדה החשמלי בנקודה B הוא:

$$E_B = \frac{K \cdot q}{R_B^{\,2}} = \frac{9 \cdot 10^{9} \cdot 1.78 \cdot 10^{-8}}{0.04^2} = 10^4\ \frac{N}{C}$$

פיתרון מספר 15 - חשמל

א. הכנסת חומר דיאלקטרי גורמת להגדלת הקיבול:

$$C' = \epsilon_r \cdot C = 5 \cdot 2 \cdot 10^{-9} = 10^{-8}\ F$$

(1) נמצא את המטען על הקבל כשהוא חובר למקור המתח.

$$Q = C \cdot V = 10^{-8} \cdot 150 = 1.5 \cdot 10^{-6}\ C$$

מטען זה לא ישתנה גם לאחר הניתוק ממקור המתח וגם לאחר הוצאת החומר הדיאלקטרי.

(2) המתח השתנה. $V = \frac{Q}{C} = \frac{1.5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-9}} = 750\ V$

(3) $E = \frac{V}{d} = \frac{750}{2 \cdot 10^{-3}} = 3.75 \cdot 10^{5}\ \frac{N}{C}$

ב. נמצא את העבודה על ידי השוואת האנרגיה אחרי ולפני הוצאת החומר הדיאלקטרי בעזרת הנוסחה: $E = \frac{Q \cdot V}{2}$

האנרגיה לפני ההוצאה היא: $E_1 = \frac{1.5 \cdot 10^{-6} \cdot 150}{2} = 1.125 \cdot 10^{-4}\ J$

האנרגיה לאחר ההוצאה היא: $E_2 = \frac{1.5 \cdot 10^{-6} \cdot 750}{2} = 5.625 \cdot 10^{-4}\ J$

העבודה היא הפרש האנרגיות:

$$W = E_2 - E_1 = 5.625 \cdot 10^{-4} - 1.125 \cdot 10^{-4} = 4.5 \cdot 10^{-4}\ J$$

פיתרון מספר 16 - חשמל

א. התלמיד מדד את הזרם ואת המתח על הנגד והשתמש בחוק אוהם:

$$R = \frac{V}{I}$$

ב. משוואת המתח של המעגל היא: $\epsilon = I \cdot (R + r)$

כאשר r היא ההתנגדות הפנימית של מקור המתח המחוברת תמיד בטור לנגד השקול של המעגל.

אם נבודד את R נקבל: $R = \frac{\epsilon}{I} - r$

הגרף של R כפונקציה של $\frac{1}{I}$ הוא משוואת קו ישר ששיפועו שווה למקור המתח ϵ ונקודת החיתוך עם ציר ה- Y אינה בראשית הצירים בגלל ההתנגדות הפנימית.

ג. נציב שתי נקודות בגרף.

הנקודה הראשונה $(0.75\ ;\ 0.5)$: $0.5 = \epsilon \cdot 0.75 - r$

הנקודה השניה $(1.25\ ;\ 1.0)$: $1.0 = \epsilon \cdot 1.25 - r$

משתי המשוואות נמצא: $\epsilon = 1\ V\ ;\ r = 0.25\ A$

ד. הזרם המירבי במעגל הוא כאשר ההתנגדות החיצונית שווה לאפס. נציב $R = 0$ במשוואה.

$$0 = \frac{\epsilon}{I} - r \implies I = \frac{\epsilon}{r} = \frac{1}{0.25} = 4\ A$$

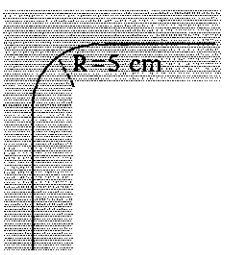
פיתרון מספר 17 - חשמל

א. נמצא את מהירות האלקטרונים בעזרת שיקולי אנרגיה. הפרש הפוטנציאלים הוא מ-(-2000 V) ל-(2000 V), זאת אומרת 4000 V.

$$q \cdot V = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot V}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 4000}{9.1 \cdot 10^{-31}}} = 3.75 \cdot 10^7 \ \frac{m}{sec}$$

ב. כיוון השדה המגנטי הוא לתוך הדף כי כיוון הכח על מטען חיובי הוא שמאלה אם מטען שלילי נע ימינה.



רדיוס הסיבוב של האלקטרונים הוא 5 cm כפי שניתן לראות בציור:
הכח המגנטי גורם לתנועה המעגלית:

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$B = \frac{m \cdot v}{q \cdot R} = \frac{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 3.75 \cdot 10^7}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.05} = 4.27 \cdot 10^{-3} \ T$$

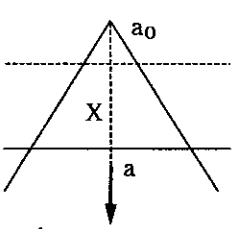
ג. מהירות האלקטרונים לא משתנה בגודלה בשדה מגנטי. רק כיוון המהירות משתנה.

פיתרון מספר 18 - חשמל

א. הכ.א.מ. הנוצר במוט הנע בשדה מגנטי נתון בביטוי: $\epsilon = B \cdot L \cdot v$

במקרה שלפנינו המהירות והשדה המגנטי נשארים קבועים אבל האורך של המוט גדל עם הזמן כך שהכ.א.מ. גדל.

ב. נמצא ביטוי לגודל הצלע a כפונקציה של הזמן. נסמן את אורך הצלע ברגע $t = 0$ ב- a_0.



האנך במשולש שווה השוקיים בכיוון תנועת המוט הוא:

$$X = a_0 \cdot \cos(30^0) + v \cdot t$$

האנך הזה מתקשר בכל רגע לצלע של המשולש בביטוי:

$$X = a \cdot \cos(30^0)$$

מכאן:

$$a = \frac{X}{\cos(30^0)} = a_0 + \frac{v \cdot t}{\cos(30^0)}$$

האורך של הצלע לאחר 4 sec הוא:

$$a = 0.1 + \frac{0.3 \cdot 4}{\cos(30^0)} = 1.486 \text{ m}$$

הכ.א.מ. הוא:

$$\epsilon = B \cdot L \cdot v = 0.5 \cdot 1.486 \cdot 0.3 = 0.222 \text{ V}$$

ג. כדי למצוא את הזרם נמצא ביטוי להתנגדות. אורך כל התיל הוא:

$$L = 3 \cdot a = 3 \cdot 1.486 = 4.458 \text{ m}$$

ההתנגדות היא:

$$R = \rho \cdot L = 0.1 \cdot 4.458 = 0.4458\ \Omega$$

הזרם הוא:

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{0.222}{0.4458} = 0.5 \text{ A}$$

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. נתחיל בניתוח הבעיה על ידי מציאת הדמות הראשונה הנוצרת על ידי העדשה.

הנתונים הם: $f = 0.5 \text{ m} \ ; \ u = 1 \text{ m}$

נשתמש בנוסחת העדשות:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{0.5} - \frac{1}{1} \Longrightarrow v = 1 \text{ m}$$

הדמות הראשונה היא דמות ממשית (v חיובי) והפוכה (כי דמות ממשית תמיד הפוכה) הנוצרת במרחק 1 m מאחורי העדשה.

דמות ממשית זו מהווה גוף למראה. הגוף נמצא במרחק 1 m מהמראה כי המרחק הכללי אליה היא 2 m . מכיוון שזאת מראה מישורית נוצרת הדמות במראה במרחק 1 m מימין למראה.

הדמות הנוצרת במראה היא מדומה ולכן ישרה ביחס לגוף שיצר אותה. מכיוון שהגוף עצמו היה הפוך גם הדמות הנוצרת היא הפוכה.

הדמות המדומה הנוצרת במראה מהווה גוף לעדשה. הגוף נמצא במרחק של 3 m מהעדשה כי המרחק הוא מרחק המראה בתוספת 1 m של הדמות בתוך המראה.

הנתונים עכשיו הם: $f = 0.5\ m\ ;\ u = 3\ m$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \implies \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{0.5} - \frac{1}{3} = 2 - \frac{1}{3} = \frac{5}{3}$$

$$v = \frac{3}{5} = 0.6\ m$$

הדמות השלישית היא שוב דמות ממשית (הפוכה ביחס לגוף שיצר אותה ולכן דמות ישרה) .

הדמות הזו היא הדמות האחרונה. היא לא מהווה גוף לעדשה ולא למראה כי כיוון הקרניים הוא שמאלה והן לא חוצות את העדשה והמראה בדרכן.

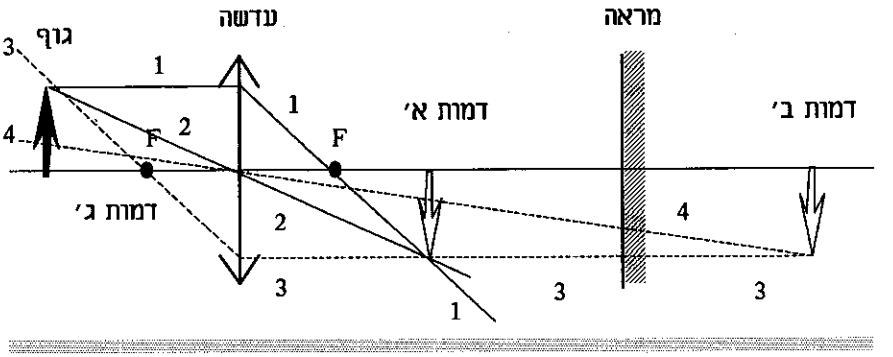
לסיכום הדמויות הן:

דמות א' - דמות ממשית והפוכה במרחק של 1 m מן העדשה.

דמות ב' - דמות מדומה והפוכה במרחק של 3 m מן העדשה.

דמות ג' - דמות ממשית וישרה במרחק של 0.6 m מן העדשה.

ג. נשרטט את מהלך הקרניים לכל דמות מקרניים נפרדות כי כך הציור ברור יותר. קרניים 1 ו- 2 יוצרות את הדמות הראשונה. קרניים 3 ו- 4 יוצרות את הדמות השלישית. לא ציירנו את הדמות השניה כי היא הפשוטה ביותר והציור הופך לבלתי ברור.



פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. (1) גלי אור הם גלי רוחב ואילו גלי קול הם גלי אורך.

(2) מהירות גלי האור באויר היא: $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{sec}$

מהירות גלי הקול באויר היא: $v = 340 \frac{m}{sec}$

(3) גלי האור אינם זקוקים לתווך כדי להתקדם והם מתקדמים גם בריק, ואילו גלי הקול חייבים תווך כדי להתקדם.

ב. (1) מהירות גלי הקול היא מהירות קבועה.

$X = v \cdot t = 3300 \cdot 1 = 3300 \text{ m}$

(2) גם באויר התנועה היא במהירות קבועה:

$t = \frac{X}{v} = \frac{3300}{330} = 10 \text{ sec}$

ג. הקשר בין אורך הגל והתדירות נתון בנוסחת הגלים: $v = \lambda \cdot f$

$\lambda_1 = \frac{v_1}{f} = \frac{3300}{1100} = 3 \text{ m} \quad ; \quad \lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{330}{1100} = 0.3 \text{ m}$

ד. חישבנו שאורך הגל של הקול בפסים הוא 3 m כך שהפרש בין המקורות של 1.5 m הוא הפרש של מחצית אורך גל היוצר התאבכות הורסת, ולכן לא ישמע דבר.

לעומת זאת באויר אורך הגל הוא 0.3 m כך שבמרחק של 1.5 m יש 5 אורכי גל שלמים וההתאבכות היא התאבכות בונה והקול ישמע בעוצמה כפולה.

פיתרון מספר 21 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. כדי לראות את אופיו הגלי של האלקטרון מבצעים ניסוי של התאבכות על ידי הקרנת קרן אלקטרונים על סריג. הסריג המשמש לאלקטרונים הוא גביש שבו מרחקים שווים בין האטומים.
הקרניים המוחזרות מן הגביש יוצרות את תבנית ההתאבכות הרצויה.

ב. האנרגיה של הפוטון הפוגע היא:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{3100 \cdot 10^{-10}} = 6.416 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

האנרגיה הדרושה לשחרור האלקטרון היא:

$$B = (3.9 - 2.4) = 2.5\ \text{eV} = 2.5 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 4 \cdot 10^{-19}\ \text{J}$$

האנרגיה הקינטית היא ההפרש בין האנרגיות:

$$E_K = \frac{h \cdot c}{\lambda} - B = 6.416 \cdot 10^{-19} - 4 \cdot 10^{-19} = 2.416 \cdot 10^{-19}\ \text{J} = 1.51\ \text{eV}$$

ג. אורך הגל הוא אורך גל דה-ברולי. $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$

כדי למצוא אותו נמצא את מהירות האלקטרון.

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2.416 \cdot 10^{-19}}{9.1 \cdot 10^{-31}}} = 7.29 \cdot 10^{5}\ \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34}}{9.1 \cdot 10^{-31} \cdot 7.29 \cdot 10^{5}} = 10^{-9}\ \text{m} = 10\ \text{Å}$$

פיתרון מספר 22 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. בכל התפרקות β^- הופך נויטרון אחד לפרוטון תוך כדי פליטת אלקטרון אחד מן הגרעין.
לכן, בשתי ההתפרקויות נוספים לגרעין שני פרוטונים. המספר הכללי של החלקיקים בגרעין (הפרוטונים והנויטרונים) לא משתנה כי על כל נויטרון שמתפרק נוצר פרוטון אחד. המסה הכללית של הגרעין לא משתנה.
לכן המספר האטומי הסופר את מספר הפרוטונים גדל ב-2 ומספר המסה הסופר את מספר כל החלקיקים בגרעין לא משתנה.
התוצר הסופי הוא: X_{94}^{239}

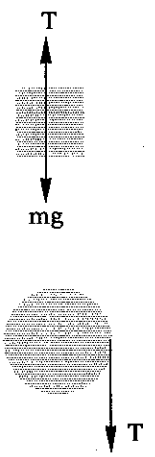
ב. ככל שחלקיק ה- α מתקרב יותר לגרעין האנרגיה שלו הופכת לאנרגיה פוטנציאלית חשמלית, עד שבנקודה הקרובה ביותר הוא נעצר (לפני שהוא מתחיל להידחות חזרה), וכל האנרגיה בנקודה היא אנרגיה פוטנציאלית חשמלית.
המטען של חלקיק ה- α הוא של שני פרוטונים.
המטען של גרעין ה- Au הוא של 79 פרוטונים.

$$E = \frac{K\cdot(2\cdot q_p)\cdot(79\cdot q_p)}{R} = 6\ \text{MeV} = 6\cdot 10^6\ \text{eV} = 9.6\cdot 10^{-13}\ \text{J}$$

$$R = \frac{158\cdot 9\cdot 10^9\cdot(1.6\cdot 10^{-19})^2}{9.6\cdot 10^{-13}} = 3.79\cdot 10^{-14}\ \text{m}$$

ג. אחד הכוחות הגרעיניים הנקרא הכח החזק הפועל בין הנויטרונים והפרוטונים מחזיק את הגרעין קשור.

פיתרון מספר 23 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח



א. שקול הכוחות לגבי המסה m הוא:

$$\Sigma F_Y = ma$$

$$(1)\quad mg - T = ma$$

שקול המומנטים לגבי הדיסקה הוא:

$$\Sigma M = I\cdot\alpha$$

$$T\cdot R = I\cdot\alpha$$

נציב: $\alpha = \frac{a}{R}\ ;\ I = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2$

$$(2)\quad T = \frac{M\cdot a}{2}$$

נציב את משוואה (2) במשוואה (1) ונקבל: $mg - \frac{M \cdot a}{2} = ma$

מכאן: $a = \frac{m}{m + \frac{M}{2}} \cdot g = \frac{2mg}{2m + M}$

ב. המשקולת נעה בתנועה שוות תאוצה. המהירות לאחר זמן t היא:

$$v_t = v_0 + at = \frac{2mg}{2m + M} \cdot t$$

האנרגיה הקינטית לאחר זמן t היא:

$$E_{K\,1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{2mg \cdot t}{2m + M}\right)^2$$

המרחק שהמשקולת עוברת בזמן t הוא:

$$X = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2mg}{2m + M} \cdot t^2 = \frac{mg \cdot t^2}{2m + M}$$

האנרגיה הפוטנציאלית האובדת היא:

$$E_P = mgX = mg \cdot \frac{mg \cdot t^2}{2m + M} = \frac{m^2 g^2 \cdot t^2}{2m + M}$$

האנרגיה הקינטית של הדיסקה היא:

$$E_{K\,2} = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2\right) \cdot \left(\frac{v}{R}\right)^2 = \frac{M \cdot v^2}{4}$$

מהירותה הקווית של הדיסקה שווה למהירות המשקולת, ולכן:

$$E_{K\,2} = \frac{M}{4} \cdot \left(\frac{2mg}{2m + M} \cdot t\right)^2$$

ג. נוכיח את שימור האנרגיה. האנרגיה הפוטנציאלית של המשקולת הופכת לאנרגיה קינטית של המשקולת ושל הדיסקה.

$$E_{K\,1} + E_{K\,2} = E_P$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot \left(\frac{2mg \cdot t}{2m + M}\right)^2 + \frac{M}{4} \cdot \left(\frac{2mg}{2m + M} \cdot t\right)^2 =$$

$$= \frac{4 \cdot m^2 g^2 t^2 \cdot (2m + M)}{4 \cdot (2m + M)^2} = \frac{m^2 g^2 t^2}{2m + M} = E_P$$

פיתרון מספר 24 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. (I) חוק השימור הפועל בשאלה זו הוא חוק שימור התנע הזוויתי.

$$I_1\cdot\omega_1 + I_2\cdot\omega_2 = I_1\cdot\omega_1' + I_2\cdot\omega_2'$$

מומנט ההתמד של הדיסקה הוא:

$$I_1 = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2 = \frac{1}{2}\cdot 480\cdot 10^2 = 2.4\cdot 10^4\ kg\cdot m^2$$

מומנט ההתמד של האופניים הוא:

$$I_2 = m\cdot r^2 = 120\cdot 6^2 = 4320\ kg\cdot^2$$

המהירות הזוויתית ω_2 של האופניים לפני הנחיתה שווה לאפס.
המהירות הזוויתית של האופניים לאחר נחיתת האופניים על הדיסקה שווה למהירותה הזוויתית של הדיסקה, לכן:

$$I_1\cdot\omega_1 = (I_1 + I_2)\cdot\omega'$$

$$\omega' = \omega_1\cdot\frac{I_1}{I_1 + I_2} = 1\cdot\frac{2.4\cdot 10^4}{2.4\cdot 10^4 + 4320} = 0.847\ \frac{rad}{sec}$$

(II) בשלב השני נע הרוכב במהירות זוויתית של: $w_{12} = \frac{v}{r} = \frac{2}{6} =$

$0.33\ \frac{rad}{sec}$ ביחס לדיסקה.

נסמן את מהירותה הזוויתית החדשה של הדיסקה ב- w_1.
ואת המהירות הזוויתית של רוכב האופניים ביחס לריצפה ב- w_2 .

המהירות היחסית w_{12} היא:

$$w_{12} = w_2 - w_1$$

ולכן: $w_2 = w_1 + \omega_{12} = w_1 + (-0.33) = w - 0.33$

נציב את חוק שימור התנע הזוויתי:

$$(I_1 + I_2)\cdot\omega' = I_1\cdot w_1 + I_2\cdot w_2 = I_1\cdot w_1 + I_2\cdot(w_1 - 0.33)$$

$$w_1 = \frac{(I_1 + I_2)\cdot\omega' + I_2\cdot 0.33}{I_1 + I_2}$$

$$w_1 = \frac{(2.4\cdot 10^4 + 4320)\cdot 0.847 + 4320\cdot 0.33}{2.4\cdot 10^4 + 4320} = 0.898\ \frac{rad}{sec}$$

ב. נשווה את המצב הסופי למצב לפני שרוכב האופניים התחיל לנוע:

$$(I_1 + I_2)\cdot\omega' = I_1\cdot\omega_1 + I_2\cdot\omega$$

$$\omega = \frac{(I_1 + I_2)\cdot\omega' - I_1\cdot\omega_1}{I_2}$$

המונה מתאפס מכיוון שזהו השיוויון בסעיף (I) כך שהמסקנה היא שהתדירות של רוכב האופניים ביחס לריצפה היא אפס.

המהירות הזוויתית ביחס לדיסקה היא:

$$\omega_{12} = \omega_1 - \omega = 0 - 1 = -1\ \frac{rad}{sec}$$

המהירות של רוכב האופניים היא: $v = \omega_{12}\cdot r = -1\cdot 6 = -6\ \frac{m}{sec}$

פיתרון מספר 25 - שאלון פרקי בחירה - זרם חלופין

א. (1) מצב של תהודה הוא כאשר מקור המתח הוא בתדירות העצמית של המעגל. במצב זה מבטלים המתחים של הסליל והקבל זה את זה ומתח המקור שווה בדיוק למתח על הנגד.
הזרם במצב זה מגיע לערכו המכסימלי וזווית המופע של המעגל שווה לאפס.

(2) השימוש היומיומי בתהודה הוא במקלטי רדיו בהם יש סליל קבוע וקבל משתנה. על ידי שינוי הקיבול משתנה התדירות העצמית של המעגל עד לתדירות המתאימה לגל הרדיו הנקלט.

ב. (1) המצב הוא מצב של תהודה כי הזרם האפקטיבי מגיע לערכו המירבי.
במצב של תהודה המתח הכללי שווה למתח על הנגד.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{0.5} = 40\ \Omega$$

(2) תדירות התהודה נתונה בנוסחה: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L\cdot C}}$

$$L = \frac{1}{\omega_0^2\cdot C} = \frac{1}{4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot C} = \frac{1}{4\cdot\pi^2\cdot 50^2\cdot 1\cdot 10^{-6}} = 10.13\ H$$

(3) $V_C = I\cdot X_C = I\cdot\left(\frac{1}{\omega_o\cdot C}\right) = \frac{0.5}{2\cdot\pi\cdot 50\cdot 10^{-6}} = 1592\ V$

פיתרון מספר 26 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. נמצא את המתח המירבי מן הנתון לגבי הנגד.

$$V_{max} = I_{max} \cdot R = 80 \cdot 10^{-3} \cdot 100 = 8\ V$$

ב. ההספק הממוצע בנגד הוא: $P = \frac{I_{max} \cdot V_{max}}{2} = \frac{80 \cdot 10^{-3} \cdot 8}{2} = 0.32\ W$

ג. בתדירות של 100 Hz הזרם במעגל הוא 80 mA . נשתמש בנתון הזה למציאת השראות הסליל:

$$V_{max} = I_{max} \cdot X_L \Longrightarrow X_L = \frac{V_{max}}{I_{max}} = \frac{8}{80 \cdot 10^{-3}} = 100\ \Omega$$

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \Longrightarrow L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{100}{2 \cdot \pi \cdot 100} = 0.16\ H$$

ד. בתדירות של 100 Hz הזרם במעגל הוא 40 mA . נשתמש בנתון הזה למציאת השראות הסליל:

$$V_{max} = I_{max} \cdot X_C \Longrightarrow X_C = \frac{V_{max}}{I_{max}} = \frac{8}{40 \cdot 10^{-3}} = 200\ \Omega$$

היגב הקבל הוא: $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$

$$C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 200} = 7.96 \cdot 10^{-6}\ F$$

ה. (1) זהו מצב של תהודה.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{\sqrt{0.16 \cdot 7.96 \cdot 10^{-6}}} = 886.2\ \frac{rad}{sec}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2 \cdot \pi} = \frac{886.2}{2 \cdot \pi} = 141\ Hz$$

(2) במצב של תהודה המתח במעגל הוא המתח על הנגד כך שהזרם יהיה הזרם שזרם בנגד כשהיה מחובר לבד, היינו זרם של 80 mA .

פיתרון מספר 27 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. הגז הכלוא בצינור מקיים את חוק בויל:

$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$

במצב הראשון:

הנפח הוא: $30 \cdot S$ (S שטח החתך).

הלחץ הוא: $P = 1\ at. = 76\ cm\ Hg$

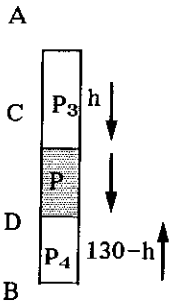
במצב השני הלחץ הפנימי P_2 ולחץ עמוד הכספית P מאוזנים על ידי הלחץ החיצוני P_0:

$P_0 = P + P_2$

$P_2 = P_0 - P = 76 - 50 = 26\ cm\ Hg$

נציב בחוק בויל ונקבל: $V_2 = V_1 \cdot \frac{P_1}{P_2} = 30 \cdot S \cdot \frac{76}{26} = 87.7 \cdot S$

גובה עמוד האויר הכלוא הוא 87.7 cm .



ב. (1) משוואת שיוויון הלחצים היא זהה.

$P_3 + P = P_4$

$P_3 + 50 = P_4$

נשתמש במקום הנפח בביטוי לאורך כי שטח החתך מצטמצם כפי שראינו.

האורך של $\overline{AC}$ יסומן ב- h

האורך של $\overline{BD}$ יסומן ב- $130 - h$

חוק בויל לגבי החלק AC היא:

$P_3 \cdot h_3 = P_0 \cdot h_0 \Longrightarrow P_3 \cdot h = 76 \cdot 30 = 2280$

חוק בויל לגבי החלק BD היא:

$P_4 \cdot h_4 = P_0 \cdot h_0 \Longrightarrow P_4 \cdot (130-h)h = 76 \cdot 100 = 7600$

נציב במשוואת הגזים: $\frac{2280}{h} + 50 = \frac{7600}{130 - h}$

נעשה מכנה משותף: $2280 \cdot (130-h) + 50 \cdot h \cdot (130-h) = 7600 \cdot h$

המשוואה המתקבלת היא: $5 \cdot h^2 + 338 \cdot h - 29{,}600 = 0$

הפיתרון הוא: $h = 50.3\ cm$

(2) את הלחץ נמצא בעזרת המשוואה לחלק $\overline{AC}$:

$$P_3 = \frac{2280}{h} = \frac{2280}{50.3} = 45.32 \text{ cm Hg} = 0.596 \text{ at.}$$

פיתרון מספר 28 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. נמצא את מהירות המים בכניסה A וביציאה B בעזרת הנתון של הספיקה: $Q = S \cdot v$

נעביר את היחידות ל- M.K.S. :

$$Q = 10 \frac{L}{sec} = 10 \frac{1000 \text{ cm}^3}{sec} = 10 \frac{1000 \; 10^{-6} \text{ m}^3}{sec} = 0.01 \frac{m^3}{sec}$$

$$v_A = \frac{Q}{S} = \frac{0.01}{\pi \cdot 0.05^2} = 1.27 \frac{m}{sec} \; ; \; v_B = \frac{0.01}{\pi \cdot 0.02^2} = 7.96 \frac{m}{sec}$$

נשתמש בחוק ברנולי:

$$\frac{P_A}{\rho \cdot g} + \frac{v_A^2}{2g} + y_A = \frac{P_B}{\rho \cdot g} + \frac{v_B^2}{2g} + y_B$$

הנתונים הם:

$$y_A = 0 \; ; \; v_A = 1.27 \frac{m}{sec} \; ; \; y_B = 20 \text{ m} \; ; \; v_B = 7.96 \frac{m}{sec} \; ; \; P_B = 10^5 \frac{N}{m^2}$$

צפיפות המים היא:

$$\rho = 1 \frac{gr}{cm^3} = 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

נציב ונקבל:

$$\frac{P_A}{10^3 \cdot 10} + \frac{1.27^2}{2 \cdot 10} = \frac{10^5}{10^3 \cdot 10} + \frac{7.96^2}{2 \cdot 10} + 20$$

$$P_A = 3.3 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} = 3.3 \text{ at}$$

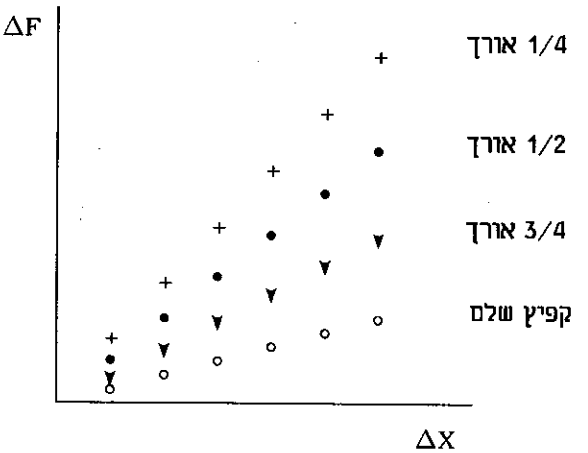
ב. המשאבה מעלה בכל שניה 10 ליטר של מים לגובה של 20 m ונותנת להם מהירות של $7.96 \frac{m}{sec}$.

המסה של 10 ליטר מים היא 10 kg . לכן:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{(mgh + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2)}{t} = \frac{(10 \cdot 10 \cdot 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 7.96^2)}{1} = 2316 \text{ W}$$

מעבדת חקר - ניסוי א' - חקירת תלות קבוע הקפיץ באורכו

7. לגבי כל אחד מארבעת האורכים מתקבל קו ישר. הגרף האיכותי של כל ארבעת האורכים נראה כך:



8. חוק הוק מקשר בין התארכות הקפיץ והכח הפועל עליו: $\Delta F = K \cdot \Delta X$

מן הקשר הזה אנחנו רואים ששיפוע הקו הוא K.

את השיפוע נמצא מהגרף על ידי ההפרשים בין שתי נקודות:

$$a = K = \frac{\Delta(\Delta F)}{\Delta(\Delta X)} = \frac{\Delta F_2 - \Delta F_1}{\Delta X_2 - \Delta X_1}$$

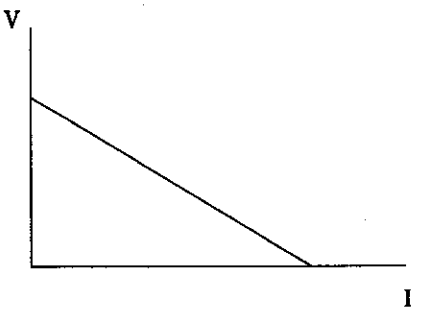
9. אם נסרטט גרף של קבוע הקפיץ K כפונקציה של (האורך הפעיל)/1 נקבל קו ישר.
המסקנה היא שככל שהאורך הפעיל של הקפיץ גדול יותר כך קטן יותר קבוע הקפיץ.
היחס הוא יחס הפוך. כשאורך הקפיץ גדל פי שניים קטן קבוע הקפיץ פי שניים.

10. לכן אם נאריך את הקפיץ פי שניים נקבל קבוע קפיץ קטן פי שניים מקבוע הקפיץ שמצאנו לכל הקפיץ שלנו.

מעבדת חקר - ניסוי ב' - תכונות תא פוטוולטאי

8. V_1 הוא מתח ההדקים ואילו V_2 הוא הכ.א.מ. כי זהו מתח הנמדד כשהזרם הוא אפס. מתח ההדקים אינו שווה לכ.א.מ. ולכן V_1 אינו שווה ל- V_2.

9. הגרף האיכותי המתקבל מן הניסוי הוא:



גרף זה מתאר את הקשר בין מתח וזרם על כל מקור מתח, ולא רק על תא פוטוולטאי.

10. המתח הנמדד על ידי הוולטמטר הוא מתח ההדקים. הקשר בין מתח ההדקים V והכ.א.מ. ϵ הוא: $V = \epsilon - I \cdot r$

כאשר r היא ההתנגדות הפנימית של התא.

נקודת החיתוך עם ציר ה- Y היא הכ.א.מ. ושיפוע הגרף הוא (r-).

11. מכיוון שהמתח V_2 נמדד כשלא היה זרם במעגל זהו בעצם הכ.א.מ.

בחינת בגרות ל-14 - 5 יחידות 1991

חלק א' - מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 1 - 5.

.1

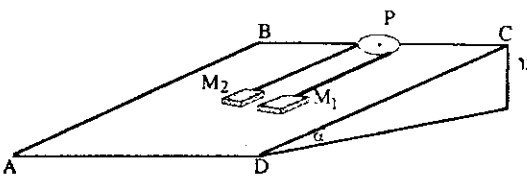
גוף שמסתו $M_1 = 3\ kg$

קשור באמצעות חוט הכרוך

סביב גלגלת P , לגוף שמסתו

$M_2 = 2\ kg$. שני הגופים

משוחררים ממצב מנוחה



על־פני לוח מלבני חלק ABCD

הנטוי בזווית $\alpha = 30^\circ$ למישור האופקי (ראה תרשים).

הגלגלת והחוטים מקבילים לצלע AB של הלוח המלבני, ומסת הגלגלת ניתנת להזנחה.

א. חשב את תאוצת הגוף שמסתו M_2 . (12 נקודות)

ב. חשב את המתיחות בחוט המקשר בין הגופים. (12 נקודות)

ג. שנייה אחת לאחר שחרור הגופים נקרע החוט.

(1) תאר את תנועת הגוף M_1 ואת תנועת הגוף M_2 לאחר קריעת החוט.

התייחס בתשובתך לכיווני התנועה ולסוג התנועה. (5 נקודות)

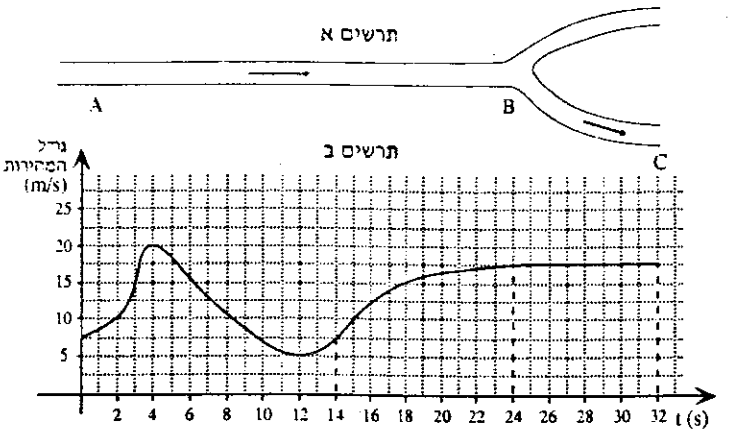
(2) האם המהירות של הגוף M_2 בהגיעו לתחתית הלוח AD תהיה גדולה מהמהירות

של הגוף M_1 בהגיעו לתחתית הלוח, שווה לה או קטנה ממנה? נמק.

($4\frac{1}{3}$ נקודות)

.2

מכונית הנוסעת על כביש עוברת ברגע $t = 0$ בנקודה A. מנקודה A עד לנקודה B נעה המכונית על מסלול ישר. ברגע $t = 24\ s$ מגיעה המכונית להתפצלות בכביש (נקודה B), וממשיכה לנוע לאורך מסלול עקום עד לנקודה C, אליה היא מגיעה ברגע $t = 32\ s$ (ראה תרשים א). הגרף בתרשים ב מתאר את גודל המהירות של המכונית כפונקציה של הזמן.



א. מתי, במשך 24 השניות הראשונות לתנועה, מתאפסת תאוצת המכונית? הסבר. (7 נקודות)

ב. האם הכוח השקול הפועל על המכונית מ $t = 14\ s$ עד $t = 24\ s$ קטן, קבוע או גדל כפונקציה של הזמן? נמק. (7 נקודות)

ג. מתי, בערך, במשך 24 השניות הראשונות לתנועה, תאוצת המכונית היא מרבית? הסבר. (6 נקודות)

ד. האם תאוצת המכונית מ $t = 24\ s$ עד $t = 32\ s$ (על פני המסלול העקום) היא אפס? הסבר. (7 נקודות)

ה. האם הדרך, שעברה המכונית מ $t = 2\ s$ עד $t = 6\ s$, קטנה מהדרך שעברה המכונית מ $t = 8\ s$ עד $t = 14\ s$, גדולה ממנה או שווה לה? הסבר. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

3.

על מסילה חלקה EF , הנמצאת על רצפה אופקית, נעה קרונית K במהירות $v_1 = 0.2\ \frac{m}{s}$.

במקביל למסילה במרחק 1 m ממנה ניצב קיר חלק CD (ראה תרשים, מבט מלמעלה).

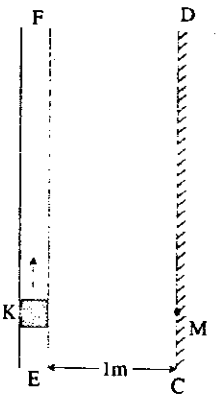
כאשר הקרונית חולפת מול הנקודה M, נזרק מתוכה כדור בכיוון הניצב למסילה EF ,

במהירות $v_2 = 0.2\ \frac{m}{s}$ (ביחס לקרונית) הכדור נזרק בגובה הרצפה כלפי הקיר CD ,

נע על־פני הרצפה החלקה, ומתנגש התנגשות אלסטית (לחלוטין) בקיר CD . הקרונית

ממשיכה לנוע על המסילה EF .

הזנח את המרחק בין הנקודה ממנה נזרק הכדור לבין הרצפה, ואת רוחב הקרונית.



א. העתק את התרשים למחברתך, וסרטט בו באופן סכמטי את הצורה של מסלול תנועת הכדור עד לפגיעתו בקיר CD (ישר, פרבולה, היפרבולה, מסלול אחר). הסבר. (7 נקודות)

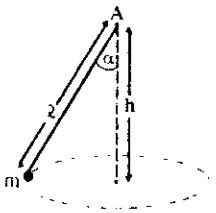
ב. באיזה מרחק מהנקודה M יפגע הכדור בקיר CD ? הסבר. (7 נקודות)

ג. האם מהירות הקרונית, לאחר שהכדור נזרק ממנה, קטנה, גדלה או שאינה משתנה? הסבר. (7 נקודות)

ד. באיזו מהירות ובאיזה כיוון יחזור הכדור מהקיר CD ? הוכח בעזרת חוקי שימור. (6 נקודות)

ה. האם הכדור והקרונית יִפָּגְשׁוּ? אם כן - היכן? אם לא - מדוע לא? ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

4. גוף קטן שמסתו m קשור לקצה חוט שאורכו ℓ.
קצהו השני של החוט קשור לנקודה קבועה A.
הגוף נע במסלול מעגלי אופקי (ראה תרשים)
בתדירות f, כאשר הזווית בין החוט לבין הכיוון
האנכי היא α.



א. ציין את כל הכוחות הפועלים על הגוף בעת תנועתו (מהי הכוח, מה כיוונו, מי מפעיל אותו). (4 נקודות)

ב. על־פי המשוואות של הכוחות פתח ביטוי של $\cos\alpha$ כפונקציה של אורך החוט ℓ ושל התדירות f. (15 נקודות)

ג. מגדילים את אורך החוט פי 2, והגוף מסתובב באותה תדירות f.
האם המרחק h בין נקודת התלייה לבין מרכז מעגל התנועה (ראה תרשים) גדל, קטן או שאינו משתנה? הסבר. (9 נקודות)

ד. האם ייתכן שהגוף ינוע במסלול מעגלי אופקי, כאשר החוט אופקי? נמק ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

5. לוויין נע סביב כוכב במסלול מעגלי במהירות v. לוויין שני נע סביב אותו כוכב במסלול מעגלי במהירות 2v.

א. לאיזה מן הלוויינים רדיוס סיבוב גדול יותר? פי כמה? (10 נקודות)

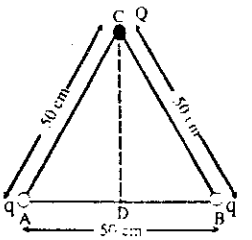
ב. לאיזה מן הלוויינים זמן מחזור גדול יותר? פי כמה? (10 נקודות)

ג. מטאוריט פגע בלוויין הראשון בכיוון משיק לתנועתו, וגרם להכפלת מהירות הלוויין.
האם יינתק הלוויין מן הכוכב? הסבר. ($13\frac{1}{3}$ נקודות)

חלק ב' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 - 6.

6. שני כדורים קטנים, שמטען כל אחד מהם הוא $q = +10^{-6}C$, קבועים בנקודות A ו B במרחק של 50 cm זה מזה. בנקודה C , הנמצאת במרחק של 50 cm מכל אחד מהמטענים האלה, נמצא כדור מוליך שמסתו 31 gr , והוא טעון במטען של $Q = -5\ 10^{-6}C$ (ראה תרשים).



משחררים את הכדור הנמצא בנקודה C .

בהנחה שהכוחות היחידים הפועלים במערכת זו הם הכוחות החשמליים הפועלים בין הכדורים,

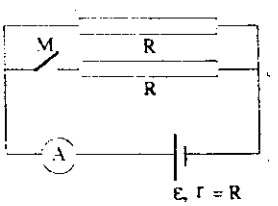
א. חשב את גודלה ואת כיוונה של תאוצת הכדור ברגע בו שוחרר. (8 נקודות)

ב. תאר את תנועתו של הכדור. התייחס בתשובתך לנקודות הבאות: כיוון המהירות והתאוצה בכל שלב; האם הכדור מגדיל או מקטין את מהירותו; היכן (אם בכלל) המהירות גדולה ביותר, קטנה ביותר, מחליפה כיוון. (8 נקודות)

ג. חשב את הפוטנציאל בנקודה C ובנקודה D (נקודת האמצע בין A ל B), בהשפעת המטענים הקבועים בנקודות A ו B . (8 נקודות)

ד. מה גדל מהירותו של הכדור הנע כשהוא עובר בנקודה D ? ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

7. במעגל שבתרשים המפסק M פתוח. שני הנגדים החיצוניים הם בעלי התנגדות R כל אחד, וההתנגדות הפנימית של המקור, שהכא"מ שלו ε , היא $r = R$. התנגדותו של אמפרמטר A זניחה.



סוגרים את המפסק M .

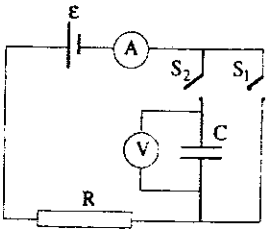
א. האם הוראת האמפרמטר עולה, יורדת, או אינה משתנה? בסס את תשובתך על שיקול פיסיקלי או הוכח אותה על־ידי חישוב. (8 נקודות)

ב. האם מתח ההדקים של המקור עולה, יורד, או אינו משתנה? בסס את תשובתך על שיקול פיסיקלי או הוכח אותה על־ידי חישוב. (9 נקודות)

ג. באיזה משני המקרים (מפסק פתוח או מפסק סגור) יהיה ההספק הכללי במערכת (נגדים חיצוניים ופנימיים) גדול יותר? פי כמה? (8 נקודות)

ד. באיזה משני המקרים (מפסק פתוח או מפסק סגור) יהיה ההספק המבוזבז בחימום המקור גדול יותר? פי כמה? ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

8. המעגל החשמלי, המתואר בתרשים, כולל: מקור מתח בעל כא"מ $\varepsilon = 24V$ שהתנגדותו הפנימית זניחה, נגד שהתנגדותו $R = 6\times10^3\ \Omega$, קבל שקיבולו $C = 5\times10^{-3}\ F$, אמפרמטר A שהתנגדותו זניחה, וולטמטר V שהתנגדותו גדולה מאוד (אינסופית), תיילי הולכה שהתנגדויותיהם ניתנות להזנחה ושני מפסקים S_1 ו־ S_2 .



מבצעים בזו אחר זו שלוש פעולות:

א. סוגרים את המפסק S_1 (המפסק S_2 נשאר פתוח).

מה הן הוראות האמפרמטר והוולטמטר? הסבר . (9 נקודות)

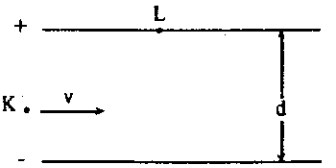
ב. סוגרים את המפסק S_2 (המפסק S_1 נשאר סגור).

האם הוראת האמפרמטר תקטן, לא תשתנה או תגדל (ביחס להוראת האמפרמטר שמצאת בסעיף א)? נמק . (9 נקודות)

ג. פותחים את המפסק S_1 (S_2 נשאר סגור).

מצא את הוראות האמפרמטר והוולטמטר בזמנים $t_1 = 0$ (רגע פתיחת המפסק S_1), $t_2 =$ 0.5 דקה , $t_3 =$ 1 דקה , $t_4 =$ 5 דקות . ($15\frac{1}{3}$ נקודות)

9. בין שני לוחות מקבילים גדולים, שהמרחק ביניהם הוא d , שורר מתח V . מנקודה K הנמצאת בין שני הלוחות (ראה תרשים) יורים חלקיק במהירות v בכיוון מקביל ללוחות. מסת החלקיק m ומטענו q+ . הזנח את השפעת הגרביטציה.



א. מהי צורת המסלול (קו ישר, מעגל, פרבולה, היפרבולה, אחר) של החלקיק? סרטט באופן סכמטי את המסלול בין שני הלוחות הטעונים. הסבר. (8 נקודות)

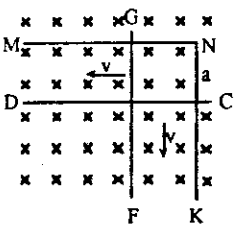
ב. כדי שחלקיק זהה לראשון ינוע בקו ישר בין הלוחות הטעונים, מוסיפים למרחב שבין הלוחות שדה מגנטי אחיד. קבע מה כיוונו של השדה המגנטי. נמק. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. מצא ביטוי לגודלו של השדה המגנטי באמצעות הגדלים המופיעים בשאלה. (8 נקודות)

ד. מפסיקים את המתח בין הלוחות, משאירים את השדה המגנטי (שביטאת בסעיף ג), ויורים מנקודה L (ראה תרשים) חלקיק נוסף זהה לראשון במהירות v כלפי מטה. האם החלקיק יפגע בטבלה התחתונה? נמק. (14 נקודות)

נתון (לסעיף ד בלבד): $V = 2000V$, $d = 4cm$, $m = 0.2gr$, $q = +10^{-6}C$, $v = 5\frac{m}{s}$

10. מוט נחושת ארוך MNK , הכפוף בנקודה N בזווית בת 90° , נמצא במישור אופקי. שדה מגנטי אחיד שעוצמתו $B = 0.6\ T$ מאונך למישור המוט. שני מוטות נחושת ארוכים GF ו CD נעים כך ששלושת המוטות יוצרים בכל רגע ריבוע (המוטות GF ו CD נוגעים במוט הכפוף וכן אחד בשני) (ראה תרשים). ברגע $t = 0$ אורך צלע הריבוע הוא $a = 0.1\ m$. מהירותו של כל אחד מהמוטות היא קבועה וגודלה $v = 0.2\ \frac{m}{s}$. התנגדות כל מוטות הנחושת ליחידת אורך היא $\lambda = 0.1\ \frac{\Omega}{m}$.



א. האם הכא"מ המושרה במעגל החשמלי נשאר קבוע עם הזמן? נמק. (11 נקודות)

ב. מצא את הכא"מ המושרה במעגל החשמלי ברגע $t = 4s$. (10 נקודות)

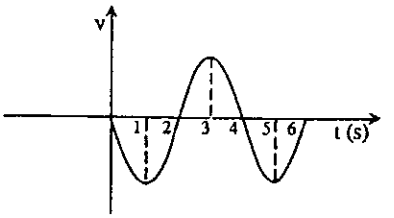
ג. האם הזרם המושרה במעגל החשמלי נשאר קבוע עם הזמן? נמק. (6 נקודות)

ד. מצא את הזרם במעגל החשמלי ברגע $t = 4s$. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

חלק ג' - שאלון השלמה

עליך לענות על חמש מתוך השאלות 18-11

11. הגרף שבתרשים מתאר את מהירותו של חלקיק, המתנודד בתנועה הרמונית פשוטה, כפונקציה של הזמן. איזה מבין המשפטים הבאים אינו נכון? נמק. (5 נקודות)



א. ברגע $t = 1s$ החלקיק נמצא בנקודת שיווי־המשקל.

ב. ברגע $t = 1s$ האנרגיה הקינטית היא מֶרֶבִית (מקסימלית).

ג. ברגע $t = 2s$ התאוצה היא אפס.

ד. ברגע $t = 3s$ הכוח המחזיר הוא אפס .

12. נערכים שני ניסויים:

בניסוי הראשון המרחק בין שתי טבלות מתכת מקבילות וטעונות הוא d , והמתח ביניהן הוא V . חלקיק טעון נעזב ממנוחה ליד אחת הטבלות, ומגיע אל הטבלה השנייה.

בניסוי השני המרחק בין הטבלות המקבילות הוא $2d$, והמתח ביניהן הוא V .

חלקיק טעון, זהה לזה שהיה בניסוי הראשון, נעזב ממנוחה ליד אחת הטבלות, ומגיע אל הטבלה השנייה.

א. באיזה מן הניסויים מגיע החלקיק אל הטבלה השנייה תוך זמן קצר יותר? נמק.

(3 נקודות)

ב. באיזה מן הניסויים מגיע החלקיק אל הטבלה השנייה במהירות גדולה יותר? נמק.

(2 נקודות)

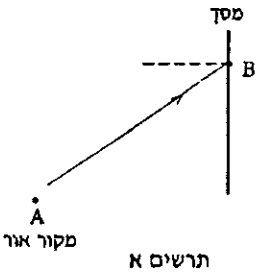
13. נתונה עדשה מרכזת דקה, שרוחק המוקד שלה f הוא $10\,cm$, וקוטרה $12\,cm$.

במרחק $15\,cm$ מן העדשה מעמידים בובה בצורת אדם שגובהה $24\,cm$.

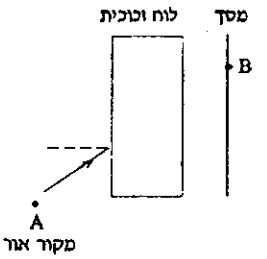
א. באיזה מרחק מהעדשה תתקבל דמות הבובה? (3 נקודות)

ב. האם דמות הבובה תיראה שלמה? הסבר. (2 נקודות)

14. מקור אור A פולט אלומת אור צרה. האלומה פוגעת במסך, ומאירה את הנקודה B שעל המסך (ראה תרשים א). מכניסים בין המקור לבין המסך, במקביל למסך, לוח זכוכית עבה (ראה תרשים ב). האם נקודת האור, שתתקבל על המסך, תהיה מעל לנקודה B או מתחת לנקודה B? הסבר (בעזרת סרטוט מהלכה של אלומת האור הצרה עד למסך). (5 נקודות)



תרשים א



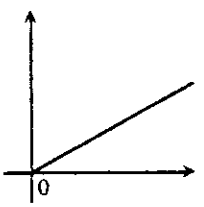
תרשים ב

15. נערכים שני ניסויים:

בניסוי הראשון אלומה מקבילה של אור מונוכרומטי, שאורך הגל שלו 7000Å , עוברת דרך סדק צר בחיץ אטום, ונופלת על מסך. נקודה A, שמתקבלת על המסך, היא נקודת מינימום מסדר שני. בניסוי השני חוזרים על הניסוי הראשון, אך באור בעל אורך גל אחר, ואז מקבלים בנקודה A נקודת מינימום מסדר שלישי.

מה אורך הגל בניסוי השני? (5 נקודות)

16. התרשים שלפניך מתאר גרף של פונקציה. הגדלים הפיסיקליים שעל הצירים אינם מסומנים בתרשים. לגבי כל אחת מהפונקציות, המתוארות בסעיפים א , ב , ג , ד , ה , ציין אם ייתכן שהגרף שבתרשים מתאר את הפונקציה. הסבר.



א. המהירות של גוף, הנע בתאוצה קבועה על קו ישר, כפונקציה של הזמן. (1 נקודה)

ב. האנרגיה הפוטנציאלית של קפיץ כפונקציה של ההתארכות של הקפיץ מהמצב הרפוי. (1 נקודה)

ג. האנרגיה הקינטית של גוף, הנע במהירות קבועה, כפונקציה של הזמן. (1 נקודה)

ד. אורך הגל של אור כפונקציה של התדירות שלו. (1 נקודה)

ה. עצמה של עדשה כפונקציה של רוחק המוקד. (1 נקודה)

17. שני אטומים אינם של אותו יסוד.

א. האם ייתכן שלשניהם אותו מספר נויטרונים? הסבר. (3 נקודות)

ב. האם ייתכן שלשניהם אותה מסה? הסבר. (2 נקודות)

18. בניסוי לבדיקת האפקט הפוטואלקטרי מעמידים לפני לוח מתכת מקור אור הפולט אור מונוכרומטי בעל אורך גל λ . האור מאיר את הלוח. מוצאים שהמתח המינימלי הנדרש לעצירת האלקטרונים הנפלטים הוא V_0 . בניסוי נוסף מקרבים את מקור האור אל הלוח הפוטואלקטרי, כך שעצמת האור הפוגע בלוח גדלה פי 2 .

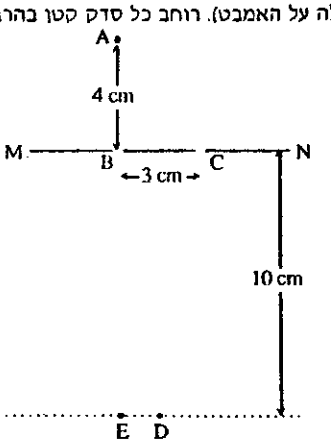
האם בניסוי הנוסף מתח העצירה המינימלי יהיה שווה ל V_0 , גדול ממנו או קטן ממנו? נמק. (5 נקודות)

חלק ג' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

19. בתוך אמבט מים טבול חיץ MN , ובו שני סדקים אנכיים צרים B ו C , שהמרחק ביניהם 3 cm . מול סדק B , במרחק 4 cm ממנו, טבולה לשונית A הרוטטת בתדירות של 10 Hz , וגורמת ליצירת גל מעגלי, שאורך הגל שלו 2 cm (ראה תרשים, המתאר מבט מלמעלה על האמבט). רוחב כל סדק קטן בהרבה מאורך הגל.



א. מה מהירות ההתפשטות של הגל במים? (5 נקודות)

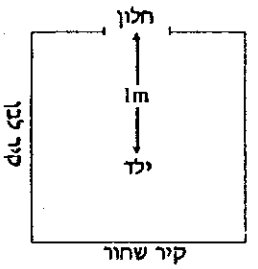
ב. הנקודה E נמצאת בדיוק מול הסדק B ובמרחק 10 cm ממנו . הנקודה D נמצאת על האנך האמצעי לקטע BC ובמרחק 10 cm ממנו (ראה תרשים).

לגבי כל אחת מהנקודות D ו E ציין אם היא נקודת צומת, נקודת שיא או נקודה אחרת של תבנית ההתאבכות של הגלים. הסבר. (20 נקודות)

ג. מגדילים פי שניים את תדירות התנודה של הלשונית. ענה על סעיף ב בתנאים החדשים. (20 נקודות)

ד. סותמים את הסדק C . תאר וסרטט באופן איכותי את תמונת הגלים שיעברו את החיץ. (5 נקודות)

20. התרשים שלפניך מתאר חדר שיש בו קיר לבן, קיר שחור וחלון מזכוכית שקופה. ילד עומד בחדר, במרחק של 1 m מהחלון, ומסתכל בחלון. החדר מואר ובחוץ חשוך.



א. היכן מתקבלת דמותו של הילד בחלון? סרטט והסבר. (10 נקודות)

ב. האם אפשר לקבל דמות זו על מסך? אם כן - היכן יש להציב את המסך? אם לא - מדוע לא? (10 נקודות)

ג. כאשר הילד מסתובב לאחור, ומסתכל בקיר השחור שמול החלון, אין הוא רואה את דמותו משתקפת בקיר. הסבר מדוע. (10 נקודות)

ד. כאשר הילד מסתובב ומסתכל בקיר הלבן שלידו, גם אז אין הוא רואה את דמותו משתקפת בקיר. הסבר מדוע. (10 נקודות)

ה. למחרת בבוקר, כאשר יש אור בחוץ, הילד עומד באותו מקום, ואינו רואה את דמותו בחלון. הסבר מדוע. (10 נקודות)

פרק שני - פיסיקה מודרנית

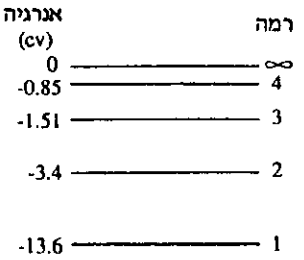
21. קרינה מועברת דרך ספקטרומטר ומתקבל הספקטרום המתואר בתרשים א.

כפי שרואים בתרשים, הקרינה כוללת את כל אורכי הגל בין 1000 Å לבין 1500 Å .

קרינה זו מועברת דרך גז של אטומי מימן הנמצאים במצב היסוד.

ארבע רמות אנרגיה של אטומי המימן מתוארים בתרשים ב.

תרשים א



תרשים ב

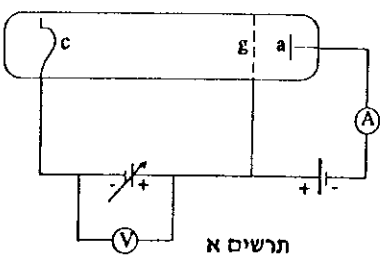
א. אֵילו רמות אנרגיה של אטומי המימן עוררה הקרינה? הסבר. (20 נקודות)

ב. לאחר שהקרינה עברה את גז המימן היא הועברה שוב דרך ספקטרומטר. סרטט את ספקטרום הקרינה המתקבל הפעם. הסבר. (15 נקודות)

ג. (1) מהי אנרגיית היינון של אטום מימן? הסבר. (8 נקודות)

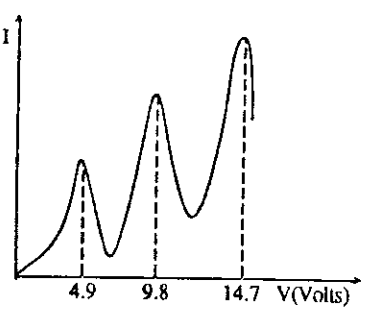
(2) מה היתה אנרגיית היינון, אם במקום אלקטרון היה באטום חלקיק שמטענו כמטען האלקטרון, אך המסה שלו גדולה פי 200 (חלקיק זה נקרא מיאון)? הסבר. (7 נקודות)

.22



תרשים א

תרשים א מתאר מערכת לביצוע ניסוי פרנק־הרץ. בשפופרת המכילה אדי כספית בלחץ נמוך נמצאים: קתודה מחוממת c, סריג g ואנודה a. בתרשים ב מתואר הזרם, הנמדד באמצעות האמפרמטר, כפונקציה של המתח הנמדד באמצעות הוולטמטר.



תרשים ב

א. מה הן הסיבות לעליות ולירידות בעוצמת הזרם עם עליית המתח? (15 נקודות)

ב. מה ניתן להסיק מתוצאות ניסוי זה על מבנה אטום הכספית? הסבר. (15 נקודות)

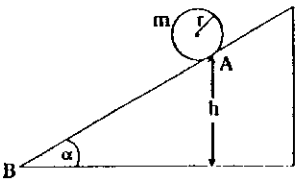
ג. כמצב בו הוולטמטר מורה 12 V:

(1) מה המספר המרבי של התנגשויות לא אלסטיות שיכול אלקטרון לבצע? הסבר. (10 נקודות)

(2) מה אורך הגל (או אורכי הגל) של הקרינה הנפלטת מאטומי הכספית? (10 נקודות)

פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

23. גליל מלא, שמסתו $m = 200\ gr$ ורדיוסו $r = 1\ cm$, מתגלגל ללא החלקה ממצב מנוחה על־פני מישור משופע שזווית שיפועו $\alpha = 30^o$. הגליל מתחיל את תנועתו בנקודה A הנמצאת בגובה $h = 10\ cm$ מעל בסיס המישור המשופע (ראה תרשים).



א. מהו הקשר בין המהירות הזוויתית ω של סיבוב הגליל סביב צירו ובין מהירות התקדמותו v לאורך המישור המשופע? הסבר, מדוע קיים קשר זה לגבי גוף הנע בתנועה שהיא גלגול ללא החלקה. (10 נקודות)

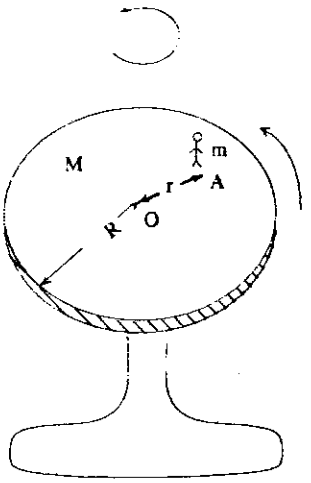
ב. סרטט תרשים וציין בו את הכוחות הפועלים על הגליל בשעת תנועתו. (10 נקודות)

ג. (1) מה תהיה מהירות הגליל כשיגיע לנקודה B בתחתית המישור המשופע? (10 נקודות)

(2) כמה זמן לאחר התחלת תנועתו יגיע הגליל לנקודה B בתחתית המישור המשופע? (10 נקודות)

ד. גליל אחר, חלול, שמסתו m ורדיוסו r זהים לאלה של הגליל המלא, מתגלגל ממנוחה וללא החלקה מהנקודה A עד הנקודה B על המישור המשופע.
האם מהירות הגליל החלול כשיגיע לנקודה B תהיה קטנה, שווה או גדולה מזו של הגליל המלא כשיגיע לנקודה B? נמק ללא חישוב. (10 נקודות)

24. דיסקה אופקית ואחידה, שמסתה M ורדיוסה R, סובבת סביב ציר אנכי העובר דרך מרכזה O. הדיסקה סובבת סביב הציר ללא חיכוך במהירות זוויתית קבועה ω. לוליין שמסתו m עומד על הדיסקה בנקודה A במרחק r $(r < R)$ ממרכזה, וסובב יחד איתה במהירות זוויתית ω (ראה תרשים).



א. ברגע מסוים הלוליין קופץ בכיוון אנכי כלפי מעלה יחסית לדיסקה. כתוצאה מקפיצה זו, האם המהירות הזוויתית של הדיסקה (לפני נחיתת הלוליין) תגדל, תקטן או לא תשתנה? נמק. (12 נקודות)

ב. זמן קצר לאחר שקפץ, נוחת הלוליין על הדיסקה. האם ינחת בנקודה שמרחקה ממרכז הדיסקה O יהיה גדול מ r , קטן ממנו או שווה לו? הסבר. (13 נקודות)

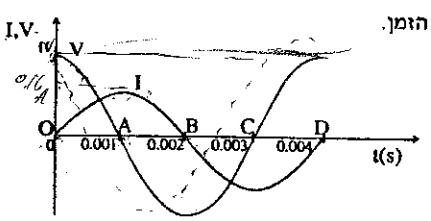
ג. אחרי נחיתתו מצליח הלוליין להישאר במנוחה יחסית לדיסקה המסתובבת. האם כתוצאה מכך, המהירות הזוויתית של המערכת, המורכבת מהלוליין ומהדיסקה, גדולה מהמהירות הזוויתית של המערכת, כפי שהיתה לפני קפיצת הלוליין, קטנה ממנה או שווה להז נמק. (12 נקודות)

ד. הלוליין הנמצא בנקודה A על הדיסקה מתחיל לצעוד לעבר מרכז הדיסקה O . האם כתוצאה מכך, המהירות הזוויתית של הדיסקה תגדל, תקטן או לא תשתנה? נמק. (13 נקודות)

$\sin(\beta + 90^\circ)$
$\cos\beta$
$\sin(\beta - 90^\circ)$
$= \cos\beta$

פרק רביעי - זרם חילופין

25. סליל שהתנגדותו זניחה מחובר למקור מתח חילופין. התרשים מראה את מתח המקור ואת הזרם הזורם דרך הסליל כפונקציה של הזמן.



$T = 0.004\ s$
$I = I_m \sin(\omega t)$
$U = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$
$U = U_m \sin(\omega t)$
$I = I_m \sin(\omega t - 90^\circ)$

א. באילו מבין פרקי הזמן CD , BC , AB , OA מקור המתח מספק אנרגיה לסליל, ובאילו מבין פרקי זמן אלה הוא מקבל אנרגיה מהסלילז נמק. (15 נקודות)

ב. הערך המרבי של הזרם הוא 0.16 A , והערך המרבי של המתח הוא 1 V . מהי השראות הסלילז (20 נקודות)

ג. כיצד היו משתנים הגרפים של הזרם והמתח, אילו הסליל היה בעל התנגדות שאיננה זניחהז נמק. (15 נקודות)

26. מקור מתח חילופין, שהמתח המרבי שלו $V_0 = 12\ V$ ותדירותו $f = 5\ kHz$, מחובר בטור לסליל, שהשראותו $L = 1\ mH$ והתנגדותו זניחה, לקבל שקיבולו $C = 0.5\ \mu F$, ולנגד שהתנגדותו $R = 20\ \Omega$.

א. במשך מחזור אחד במעגל החשמלי, מהי צריכת האנרגיה של:

(1) הסליל L ז הסבר. (5 נקודות)

(2) הקבל C ז הסבר. (5 נקודות)

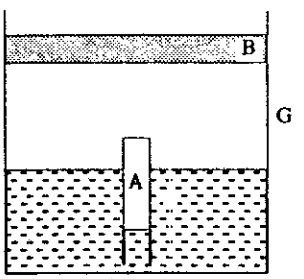
(3) הנגד R ז הסבר. (5 נקודות)

ב. חשב את גורם ההספק ($\cos\varphi$) של המעגל, ואת ההספק הממוצע המועבר למעגל. (20 נקודות)

ג. רוצים להביא את המעגל למצב של תהודה על־ידי חיבור קבל נוסף למעגל. מה צריך להיות קיבולו של הקבל הנוסף, וכיצד יש לחבר אותו למעגל? (15 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים

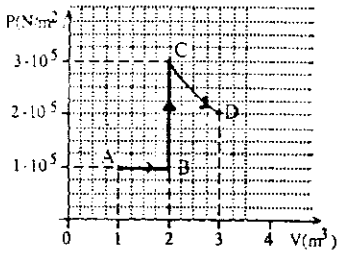
27. משורה גלילית A שנפחה $100\ cm^3$ צפה בתוך מים כך שפתחה מופנה כלפי מטה. במשורה $25\ cm^3$ מים, ורבע מנפחה נמצא מעל פני המים. המים בהם צפה המשורה מצויים במיכל גלילי G , הסגור באמצעות בוכנה ניידת B (ראה תרשים). צפיפות המים היא $1\ gr/cm^3$.



א. חשב את מסת המשורה (ללא מים). הנח כי נפח דפנות המשורה ומסת האוויר הכלוא בה ניתנים להזנחה. (25 נקודות)

ב. מניחים משקולת על גבי הבוכנה B. האם כתוצאה מכך חלק המשורה הנמצא מעל פני הנוזל יקטן, יגדל או לא ישתנה? הסבר. (25 נקודות)

28. הגרף שבתרשים מתאר שינויים בלחץ P ובנפח V של מסה קבועה m של גז אידיאלי. כאשר הגז נמצא במצב המתואר על־ידי הנקודה A שבגרף, הטמפרטורה שלו היא $-73^{o}C$



א. תאר והסבר את התהליך המעביר את הגז:

(1) מהמצב בנקודה A למצב בנקודה B בגרף. (7 נקודות)

(2) מהמצב בנקודה B למצב בנקודה C בגרף. (7 נקודות)

(3) מהמצב בנקודה C למצב בנקודה D בגרף. (7 נקודות)

ב. חשב את הטמפרטורות של הגז כאשר הוא:

(1) במצב שבנקודה B בגרף. (6 נקודות)

(2) במצב שבנקודה C בגרף. (6 נקודות)

(3) במצב שבנקודה D בגרף. (6 נקודות)

ג. נתון כי המסה של הגז היא: $m = 1.93\ kg$. מהי המסה המולרית של הגז? (11 נקודות)

פרק שישי - תרמודינמיקה

29. א. כיצד ומדוע משתנה הטמפרטורה של גז אידיאלי כאשר דוחסים אותו דחיסה אדיאבטית? הסבר. (15 נקודות)

ב. גז אידיאלי חד־אטומי מצוי בגליל עם בוכנה ניידת. הטמפרטורה של הגז היא $27^{o}C$ ולחצו 2 אטמוספירות. דוחסים במהירות רבה מאוד את הגז עד שנפחו מגיע למחצית נפחו ההתחלתי.

מהו לחץ הגז, ומהי הטמפרטורה שלו מיד לאחר גמר הדחיסה? (20 נקודות)

ג. מה היה לחץ הגז ומה היתה הטמפרטורה שלו לאחר גמר הדחיסה, אילו דחיסת הגז היתה מתבצעת באיטיות רבה מאוד? הסבר. (15 נקודות)

30. מכונת קרנו פועלת בין שני מאגרי חום "אינסופיים" A ו B שהטמפרטורות שלהם $T_A = 600\ K$ ו $T_B = 300\ K$ בהתאמה.

א. תאר והסבר מחזור אחד בפעולת המכונה. (12 נקודות)

ב. בכל מחזור קולטת המכונה מהמאגר A כמות חום $q_A = 5000\ J$

מהי כמות החום q_B שהמכונה פולטת למאגר B , מהי העבודה שהיא מבצעת,

ומהי נצילותה? (18 נקודות)

ג. תאר והסבר כיצד ניתן להפוך מכונה זו למקרר. (20 נקודות)

פיסיקה מעבדת חקר

מבנה הבחינה: בבחינה זו שני ניסויים:

ניסוי א	-	שעה וחצי	-	50 נקודות
ניסוי ב	-	שעה וחצי	-	50 נקודות
סה"כ	-	שלוש שעות	-	100 נקודות

ניסוי א: שדה מגנטי של סילונית

לרשותך עמד, לצורך ניסוי זה, הציוד הבא:

שני תאים חשמליים של 1.5 וולט כל אחד, בתוך בית סוללות מתאים;

נגד משתנה שהתנגדותו המרבית כ- 20 אום;

סילונית הבנויה מתיל נחושת המלופף על משורה שקופה;

סרגל עץ (או סרגל פלסטי) שאורכו כ- 30 ס"מ אליו מחובר מצפן;

אמפרמטר D.C. בעל תחום 0 - 500 mA ;

5 תיילי הולכה, שניים מהם עם מצבטי תנין באחד מקצותיהם;

גוש פלסטלינה;

נייר דבק שקוף;

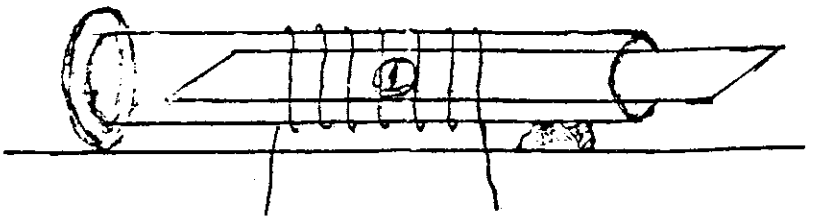
מחשבון מדעי;

2 דפי טיוטה, אותם עליך לצרף לשאלון.

חלק ראשון - בניית המערכת הניסויית (15 נקודות)

א. הנח על השולחן את המשורה, עליה מלופף במספר כריכות תיל הנחושת (סילונית), כך שציר המשורה יהיה מקביל לשולחן. תוכל להיעזר לשם כך בגוש הפלסטלינה.

ב. הכנס לתוך המשורה את הסרגל אליו מחובר המצפן, כך שמרכז המצפן יהיה על ציר המשורה, והסרגל יהיה מקביל לשולחן (ראה תרשים).



ג. בנה מעגל חשמלי הכולל: סוללה בעלת כא"מ של 3V , נגד משתנה, אמפרמטר ואת הסילונית, כך שניתן יהיה לשנות את עֻצמת הזרם בסילונית. סרטט במקום המיועד לתרשים את המעגל החשמלי שבנית.

חלק שני - ביצוע הניסוי (20 נקודות)

1. קבע מהו מספר הליפופים של התיל סביב המשורה, ורשום בטבלה ליד המלים "צפיפות הליפופים" מתחת לכותרת "צפיפות ליפופים נמוכה" את מספר הליפופים ליחידת אורך.

2. כוון בעזרת הנגד המשתנה את עֻצמת הזרם בסילונית ל 50 mA. מדוד את זווית הסטייה α של מחט המצפן. הפוך את כיוון הזרם בסילונית ובדוק אם סטיית המחט שווה לסטייה לפני היפוך הזרם. אם היא שווה, רשום את α בטבלה. אם היא שונה, מצא את הממוצע בין שתי הסטיות ורשום אותו בטבלה.

3. לכל אחד מהזרמים הרשומים בטבלה, מדוד את זווית הסטייה α של המחט המגנטית, והשלם את חלק הטבלה שמתחת לכותרת "צפיפות ליפופים נמוכה".

	צפיפות ליפופים נמוכה צפיפות הליפופים:		צפיפות ליפופים כפולה צפיפות הליפופים:	
I (mA)	α (°)	tan α	α (°)	tan α
50				
100				
150				
200				
250				

4. לפף מחדש את תיל הנחושת סביב טוף המשורה, כך שמספר הליפופים ליחידת אורך יהיה כפול מזה שהיה קודם. על המרווחים בין שני ליפופים עוקבים להיות שווים בקירוב.
הדק את התיל למשורה באמצעות נייר הדבק.
רשום בטבלה ליד המלים "צפיפות הליפופים" תחת הכותרת "צפיפות ליפופים כפולה" את מספר הליפופים ליחידת אורך.

5. חזור על הפעולות הנדרשות בסעיפים א עד ד, שבחלק הראשון (אין צורך לסרטט שוב את המעגל החשמלי), ובסעיפים 2 ו 3 שבחלק השני, אך הפעם רשום את תוצאות המדידות המתאימות בשתי העמודות שמתחת לכותרת "צפיפות ליפופים כפולה".

6. הזז את הסרגל כך שהמצפן יהיה בתוך הסילונית, אך בקצה שלה, ורשום את זווית הסטייה α' כאשר עוצמת הזרם היא 250 mA .

α' = _____

חלק שלישי - ניתוח, מסקנות ושאלות (15 נקודות)

7. סרטט על־גבי הנייר המילימטרי המצורף, באותה מערכת צירים, גרף המתאר את tan α כפונקציה של עוצמת הזרם I , בכל אחד משני הניסויים.

8. א. רשום במלים את טיב הקשר (יחס ישר, לינארי, ריבועי, הפוך או אחר) בין $\tan\alpha$ לבין עָצמת הזרם I, כפי שבא לידי ביטוי בכל אחד משני הגרפים שקיבלת.

ב. רשום את המשוואות של כל אחד משני הגרפים ($\tan\alpha$ כפונקציה של I).

9. הסבר, בעזרת תרשים, את הקשר, שמצאת בסעיף 8 א, באמצעות ניתוח הכוחות הפועלים על מחט המצפן.

השתמש בסימון: B - עָצמת השדה המגנטי בתוך הסילונית.

B_o - הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור־הארץ.

שים לב, עָצמת השדה המגנטי בתוך סילונית נתונה בנוסחה: $B = \mu_o \frac{NI}{\ell}$.

10. מה היה, לדעתך, שיפוע הגרף המתאר את $\tan\alpha$ כפונקציה של עָצמת הזרם I, אילו ביצעת ניסוי עם צפיפות ליפופים הגדולה פי 3 מצפיפות הליפופים הנמוכה? הסבר.

11. הסבר את ההבדל בין זווית סטיית המחט, כאשר המצפן היה במרכז הסילונית, לבין זווית סטייתה, כאשר המצפן היה בקצה הסילונית (בשני המקרים, כאשר הזרם היה 250 mA).

ניסוי ב: מדידת רוחק המוקד של עדשה דו־קמורה

לרשותך עומד, לצורך ניסוי זה, הציוד הבא:

סרגל שאורכו 1 מ' לפחות;

לוח שבמרכזו חריץ מכוסה בנייר פרגמנט, שאורכו כ־ 30 מ"מ ורוחבו כ־ 2 מ"מ;

פנס בעל רוחב אלומה הגדול מאורך החריץ;

עדשה דו־קמורה דקה;

מסך: לוח עליו מודבק נייר מילימטרי שממדיו כ־ 5 ס"מ × 2 ס"מ;

מחזיקים עבור העדשה, עבור המסך, עבור החריץ ועבור המנורה (המחזיקים יכולים להיות שלושה גושי פלסטלינה);

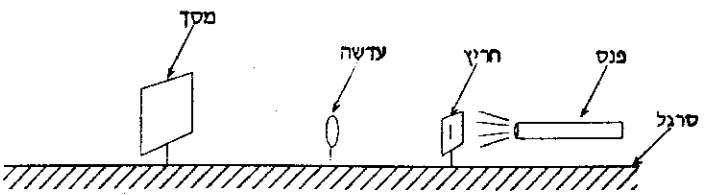
שתי כליבות או סרטי הדבקה;

2 דפי טיוטה, אותם עליך לצרף לשאלון.

חלק ראשון - בניית המערכת הניסויית (8 נקודות)

א. הצמד את הסרגל לשולחן באמצעות כליבות או באמצעות סרטי הדבקה.

ב. הרכב את המערכת המתוארת בתרשים. הצב את המסך במרחק של כ־ 90 ס"מ מהחריץ.



על החריץ להיות סמוך לפנס ובמרחק קבוע ממנו בכל מהלך הניסוי. החריץ, המואר באמצעות הפנס, כך שעוברת דרכו אלומת אור, ייקרא להלן העצם.

חלק שני - ביצוע הניסוי (22 נקודות)

לפניך טבלה הכוללת את הגדלים הבאים:

- d - המרחק בין העצם לבין המסך;
- x_1 - מרחק העדשה מראשית הסרגל, כאשר מתקבלת דמות מוגדלת;
- x_2 - מרחק העדשה מראשית הסרגל, כאשר מתקבלת דמות מוקטנת;
- x - מרחק ההזזה של העדשה $(x = |x_2 - x_1|)$;
- v - המרחק בין העדשה לבין הדמות המוקטנת;
- H_i - גובה הדמות המוקטנת;
- m - ההגדלה הקווית (היחס בין גובה הדמות לבין גובה העצם) של הדמות המוקטנת.

d יחידות:	x_1 יחידות:	x_2 יחידות:	x יחידות:	v יחידות:	H_i יחידות:	m	$d^2 - x^2$ יחידות:

1. מדוד את את גובה העצם H_o (אורך החריץ), ורשום את ערכו:

$H_o =$ _____

2. במערכת שהרכבת, הזז את העדשה, כך שעל המסך תתקבל דמות מוגדלת וחדה של העצם. מדוד את d ואת x_1, ורשום את ערכיהם בטבלה.

3. מבלי לשנות את המרחק d בין העצם לבין המסך, הזז את העדשה עד שתתקבל על המסך דמות מוקטנת וחדה של העצם. מדוד ורשום בטבלה את ערכיהם של x_2, v, H_i. חשב והוסף בטבלה את ערכיהם של x, של m ושל $d^2 - x^2$. הוסף לגדלים שבטבלה את היחידות המתאימות.

4. הקטן בכ־ 10 סמ' את המרחק d בין העצם לבין המסך, ובצע את הפעולות המפורטות בסעיפים 2 ו־ 3 . חזור על כך עוד ארבע פעמים (בכל פעם לגבי מרחק d אחר).

חלק שלישי - ניתוח, מסקנות ושאלות (20 נקודות)

5. בין המשתנים d ו־ x לבין רוחק המוקד f של העדשה קיים הקשר: $d^2 - x^2 = 4df$.
סרטט על גבי הנייר המילימטרי המצורף גרף של $d^2 - x^2$ כפונקציה של המרחק d בין העצם לבין המסך. מצא באמצעות גרף זה את רוחק המוקד f:

f = _____

רשום ליד הגרף את החישוב המתאים.

6. בין המשתנים m ו־ v קיים הקשר: $m = v/f - 1$.
סרטט על־גבי הנייר המילימטרי השני גרף של ההגדלה הקווית m כפונקציה של המרחק v בין הדמות המוקטנת לבין העדשה. מצא באמצעות גרף זה את רוחק המוקד f:

f = _____

רשום ליד הגרף את החישוב המתאים.

7. איזה מבין הערכים של f , שקיבלת בסעיפים 5 ו־ 6 הוא, קרוב לוודאי, המדויק יותר? נמק.

_____

_____

_____

8. ציין שיטה נוספת למציאת רוחק המוקד של עדשה דו־קמורה.

_____

_____

_____

_____

תשובות סופיות - מבחן 1991

.1 א. $a = 1\ \frac{m}{sec^2}$ ב. $T = 12\ N$

.2 א. $4\ sec\ ;\ 12\ sec$ ב. הכח הולך וקטן ג. $3\ sec$ ד. לא

.3 א. קו ישר ב. $1\ m$ ג. לא משתנה ה. $2\ m$

.4 ב. $\cos(\alpha) = \frac{g}{4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot L}$ ג. $h = \frac{g}{4\cdot\pi^2\cdot f^2}$ לא תלוי ב- L

.5 א. ללווין המהיר רדיוס קטן פי 4 ב. ללווין המהיר זמן מחזור קטן פי 8

ג. המהירות גדולה ממהירות המילוט.

.6 א. $a = 10\ \frac{m}{sec^2}$ ג. $v = 3.4\ \frac{m}{sec}$

.7 א. הוראת האמפרמטר גדלה. ב. מתח הדקים ירד. ג. $\frac{P'}{P} = \frac{4}{3}$

ד. $\frac{P'}{P} = \frac{16}{9}$

.8 א. $V = 0\ ;\ I = 4\ mA$ ב. $V = 0\ ;\ I = 4\ mA$

ג. $I_0 = 4\ mA\ ;\ V_0 = 0\ ;\ I_{30} = 1.47\ mA\ ;\ V_{30} = 15.18\ V$

$I_{60} = 0.541\ mA\ ;\ V_{60} = 20.75\ V\ ;$

$I_{300} = 1.81\cdot 10^{-7}\ A\ ;\ V_{300} = 22.91\ V$

.9 א. פרבולה ב. לתוך הדף ג. $B = \frac{V}{v\cdot d}$ ד. יפגע בלוח

.10 א. כ.א.מ. משתנה ב. $\epsilon = 0.216\ V$ ג. $I = \frac{v\cdot B}{2\cdot\lambda}$ הזרם קבוע

ד. $I = 0.6\ A$

.11 ג'

12. א. הזמן גדל פי 4 ב. המהירות זהה

13. א. $v = 30\ cm$ ב. הדמות תיראה במלואה

14. הקרן תפגע נמוך יותר

15. $\lambda = 4667\ \text{Å}$

16. א. מתאים ב. לא מתאים ג. לא מתאים ד. לא מתאים ה. לא מתאים

17. א. כן ב. כן

18. מתח העצירה לא ישתנה

19. א. $v = 0.2\ \frac{m}{sec}$ ב. נקודה E- נקודת ביניים , נקודה D- נקודת צומת
ג. נקודה E- נקודת ביניים , נקודה D- נקודת מכסימום

21. א. לרמה השניה והשלישית ב. קווי בליעה: $\lambda_1 = 1218\ \text{Å}$; $\lambda_2 = 1028\ \text{Å}$
ג. $E = 13.6\ eV\ (1)$ $E = 2720\ eV\ (2)$

22. ב. רמות האנרגיה בדידות ג. $\lambda = 2537\ \text{Å}\ (2)$

23. ג. $v = 1.154\ \frac{m}{sec}$; $t = 0.35\ sec$ ד. מהירות גדולה יותר

24. א. לא תשתנה ב. מרחק גדול יותר ג. המהירות הזוויתית תקטן
ד. המהירות הזוויתית תגדל

25. א. $\overline{OA}, \overline{BC}$ ב. $L = 4\ mH$ ג. זרם נמוך והפרש מופע

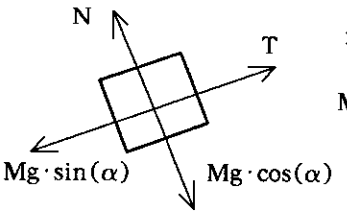
26. א. $2\cdot 10^{-4}\ J$ (3) 0 (2) 0 (1) ב. $P = 1\ W$; $\cos(\phi) = 0.528$
ג. $C = 0.5\ \mu F$ במקביל לקבל

27. א. $W = 50\ gr$ ב. המשורה תשקע יותר

28. א. (1) חימום בלחץ קבוע (2) חימום בנפח קבוע (3) הגדלת נפח בטמפרטורה קבועה
ב. $T_B = 127^oC$; $T_C = T_D = 927^oC$ ג. $M = 32\ \frac{gr}{mole}$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. תרשים הכוחות לכל אחת מהמסות הוא:



נבחר את כיוון התנועה לכיוון המסה M_1 כי היא גדולה יותר.

משוואת הכוחות בציר X של המסה M_1 היא:

$$(1)\quad M_1 \cdot g \cdot \sin(30^0) - T = M_1 \cdot a$$

משוואת הכוחות בציר X של המסה M_2 היא:

$$(2)\quad T - M_2 \cdot g \cdot \sin(30^0) = M_2 \cdot a$$

נבודד את המתיחות מהמשוואה השניה ונציב בראשונה:

$$M_1 \cdot g \cdot \sin(30^0) - M_2 \cdot g \cdot \sin(30^0) - M_2 \cdot a = M_1 \cdot a$$

ומכאן:

$$a = \frac{(M_1 - M_2) \cdot g \cdot \sin(30^0)}{M_1 + M_2}$$

תאוצת כל אחד מהגופים היא:

$$a = \frac{(3-2) \cdot 10 \cdot \sin(30^0)}{3+2} = 1\ \frac{m}{sec^2}$$

הגוף M_1 במעלה המישור והגוף M_2 במורד המישור.

ב. נציב במשוואה (2):

$$T = M_2 \cdot g \cdot \sin(30^0) + M_2 \cdot a = 2 \cdot 10 \cdot 0.5 + 2 \cdot 1 = 12\ N$$

ג. (1) הגוף M_1 נע כלפי מטה בתנועה שוות תאוצה בקו ישר. תאוצת הגוף היא $g \cdot \sin(30^0)$, והמהירות ההתחלתית היא המהירות בה נקרע החוט.

הגוף M_2 נע בתחילה ישירות כלפי מעלה בתנועה שוות תאוטה. לאחר שנעצר הוא מתחיל לרדת בתנועה שוות תאוצה ישירות למטה. התאוטה והתאוצה שוות גם הן ל - $g \cdot \sin(30^0)$.

(2) למרות שלא נאמר מפורשות בשאלה נניח ששני הגופים החלו את תנועתם באותו הגובה. מהירויות שני הגופים ברגע ההתנתקות הן זהות, אבל הגובה שלהן אינו זהה. ברגע ההתנתקות נמצאת המסה M_1 בנקודה נמוכה יותר מהמסה M_2, כך שהאנרגיה הכללית שלה קטנה יותר. כשיגיעו שתי המסות לתחתית המישור המשופע האנרגיה הקינטית של M_2 תהיה גדולה יותר, ולכן גם מהירותה תהיה גדולה יותר.

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. תאוצת המכונית מתאפסת כאשר אין שינוי במהירות. השינוי במהירות מתבטא בגרף כשיפוע של גרף המהירות כפונקציה של הזמן. שיפוע אפס קיים פעמיים במשך התנועה לאחר 4 sec ולאחר 12 sec .
(למכירים את מושג הנגזרת - הנגזרת בנקודה היא אפס)

ב. שוב, נסתכל על השיפוע. השיפוע הוא התאוצה וזו הולכת וקטנה ככל שהזמן גדל בקטע זה של התנועה. כך שהכח השקול הולך וקטן בין 14 sec ו- 20 sec.

ג. השיפוע הגדול ביותר, היינו התאוצה הגדולה ביותר, היא בערך לאחר 3 sec .

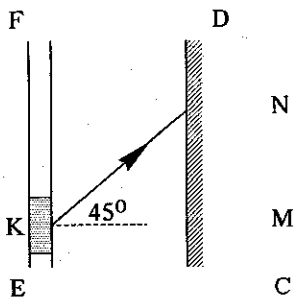
ד. לא. בקטע העקום לא משתנה גודלה של המהירות אבל כיוונה משתנה ולכן התאוצה היא לא אפס.

ה. את הדרך שעברה המכונית רואים בגרף בעזרת השטח שמתחת לגרף (האנטגרל). בין $t=2\,sec$ ו- $t=6\,sec$ השטח הכלוא גדול יותר מהשטח בין $t=8\,sec$ ו- $t=14\,sec$ כך שהדרך שעברה המכונית בקטע הראשון גדולה יותר.

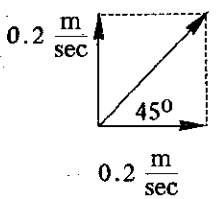
פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. המסלול הוא קו ישר כי לא פועלים על הכדור כוחות מהרגע שנזרק מן הקרונית.

מהירות הגוף בכיוון תנועת הקרונית שווה למהירותו בכיוון המאונך לה מכיוון ששתי המהירויות שוות. התוצאה היא שהזווית בין כיוון תנועת הקרונית וכיוון תנועת הגוף היא 45^0.



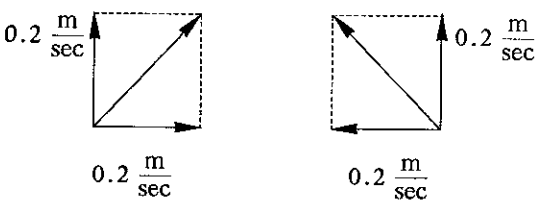
ב. מכיוון שהזווית היא 45^0 שווה המרחק בכיוון $\overline{EF}$ שהוא 1m למרחק שיעבור הגוף בכיוון $\overline{CD}$:



$$\frac{\overline{MN}}{\overline{MK}} = tg(45^0) = 1 \Longrightarrow \overline{MN} = 1\,m$$

ג. מהירות הקרונית לא משתנה עקב זריקת הכדור, כי הכדור יוצא מהקרונית עם אותה המהירות שהיתה לו כשהיה בתוך הקרונית, היינו מהירות הקרונית. התנועה שהכדור מקבל היא בכיוון מאונך לכיוון התנועה וזה אינו משפיע על כיוון התנועה.

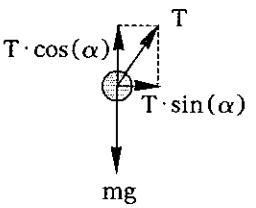
ד. בזמן ההתנגשות של הכדור בקיר נשמר התנע בכיוון התנועה של הקרונית כי לא פועל בכיוון זה כח.
בכיוון זריקת הכדור, הכיוון המאונך לכיוון תנועת הקרונית, לא נשמר התנע בזמן ההתנגשות כי הקיר מפעיל כח חיצוני. אבל, מכיוון שההתנגשות בקיר היא התנגשות אלסטית לחלוטין נשמרת האנרגיה הקינטית ולכן גם הגודל של המהירות.
בסיכומו של דבר מתהפך רכיב מהירות אחד והשני נשאר קבוע כך ששקול המהירות נשאר באותו הגודל.



ה. הקרונית והכדור יפגשו מכיוון שרכיב המהירות של הכדור בכיוון תנועת הקרונית שווה למהירות הקרונית.

המרחק הוא פי שניים מהמרחק עד לנקודת הפגישה בקיר, היינו 2 m.

פיתרון מספר 4 - מכניקה



א. על הכדור פועלים שני כוחות בלבד. המשקל mg המופעל על ידי כדור הארץ, והמתיחות בחוט T.

ב. בציר ה- Y אין תנועה כי התנועה מתבצעת רק במישור האופקי.

$\Sigma F_Y = 0$

(1) $T\cdot\cos(\alpha) - mg = 0$

ציר X הוא הכיוון של מרכז המעגל:

$\Sigma F_X = m\cdot\omega^2 r$

(2) $T\cdot\sin(\alpha) = m\cdot\omega^2 r$

רדיוס הסיבוב של התנועה הוא: $r = L\cdot\sin(\alpha)$

נציב בנוסחה (2): $T = m\cdot\omega^2\cdot L$

נציב את הביטוי למתיחות בנוסחה (1):

$$m\cdot\omega^2\cdot L\cdot\cos(\alpha) = mg$$

ולכן: $\cos(\alpha) = \frac{g}{\omega^2\cdot L} = \frac{g}{4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot L}$

ג. המרחק h הוא בעצם $L\cdot\cos(\alpha)$. אם נסתכל בביטוי שקיבלנו בסעיף הקודם נראה:

$$h = L\cdot\cos(\alpha) = \frac{g}{4\cdot\pi^2\cdot f^2}$$

כך שהמרחק h תלוי בתדירות בלבד ולא ישתנה עם הגדלת אורך החוט.

ד. המצב לא יתכן מכיוון שבמצב אופקי לא יהיה רכיב של המתיחות שיאזן את משקל הגוף mg ולא יהיה שיווי משקל בציר Y.

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. לווין נע בתנועה מעגלית: $\frac{G\cdot M\cdot m}{R^2} = m\cdot\frac{v^2}{R}$

כך שהמהירות שלו היא: $v = \sqrt{\frac{G\cdot M}{R}}$

ככל שרדיוס הסיבוב גדול יותר - מהירות הסיבוב קטנה יותר.

$$v_B = 2\cdot v_B \quad\Longrightarrow\quad \sqrt{\frac{G\cdot M}{R_B}} = 2\cdot\sqrt{\frac{G\cdot M}{R_A}} \quad\Longrightarrow\quad \frac{R_A}{R_B} = 4$$

ב. הקשר בין מהירות הסיבוב וזמן המחזור הוא: $v = \frac{2\cdot\pi\cdot R}{T}$

כך שיחס זמני המחזור הוא: $\frac{T_A}{T_B} = \frac{\frac{2\cdot\pi\cdot R_A}{v_A}}{\frac{2\cdot\pi\cdot R_B}{v_B}} = \frac{v_B}{v_A}\cdot\frac{R_A}{R_B} = 2\cdot 4 = 8$

ג. נמצא ביטוי למהירות המילוט v_C . נשתמש בשיקולי אנרגיה. האנרגיה הכללית היא אפס כי מהירות המילוט היא המהירות שמביאה גוף לאינסוף (אנרגיה פוטנציאלית שווה לאפס) עם מהירות אפס (אנרגיה קינטית שווה לאפס)

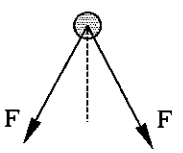
$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v_C^2 - \frac{G\cdot M\cdot m}{R} = 0 \implies v_C = \sqrt{\frac{2\cdot G\cdot M}{R}}$$

אם מהירות הלווין גדלה פי שניים היא עכשיו: $v = 2\cdot\sqrt{\frac{G\cdot M}{R}}$

ומהירות זו גדולה ממהירות המילוט.

פיתרון מספר 6 - חשמל

א. על הכדור פועלים שני כוחות שווים של משיכה.



$$F = \frac{K\cdot q\cdot Q}{R^2}$$

$$F = \frac{9\cdot 10^9\cdot 10^{-6}\cdot 5\cdot 10^{-6}}{0.5^2} = 0.18\ N$$

(לא התייחסנו לסימן של המטען השלילי כי הוא רק קבע את כיוון הכח)

הכח השקול הוא:

$$\Sigma F_Y = 2\cdot F\cdot\cos(30^0) = 2\cdot 0.18\cdot\cos(30^0) = 0.31\ N$$

תאוצת הכדור היא: $a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{0.31}{0.031} = 10\ \frac{m}{sec^2}$

ב. כיוון הכח השקול הוא כלפי מטה עד שהכדור מגיע לנקודה D. במשך הזמן הזה המהירות הולכת וגדלה עד שמגיעה למכסימום בנקודה D . מנקודה זו המהירות הולכת וקטנה כי כיוון הכח השקול הוא כלפי מעלה.

ג. הפוטנציאל בנקודה C נגרם באופן שווה על ידי שני המטענים. מכיוון שפוטנציאל הוא סקלר החיבור של שני הפוטנציאלים הוא חיבור רגיל.

$$V_C = 2\cdot\frac{K\cdot q}{R_C} = 2\cdot\frac{9\cdot 10^9\cdot 10^{-6}}{0.5} = 36{,}000\ V$$

הפרש האנרגיה הפוטנציאלית שמאבד הכדור הופך לאנרגיה קינטית.

נחשב את הפוטנציאל בנקודה D:

$$V_D = 2\cdot\frac{K\cdot q}{R_D} = 2\cdot\frac{9\cdot 10^9\cdot 10^{-6}}{0.25} = 72{,}000\ V$$

שוויון האנרגיה הוא:

$$E_C = E_D$$

$$Q\cdot V_C = Q\cdot V_D + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2\cdot Q\cdot (V_C - V_D)}{m}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\cdot(-5\cdot 10^{-6})\cdot(36{,}000 - 72{,}000)}{0.031}} = 3.4\ \frac{m}{sec}$$

פיתרון מספר 7 - חשמל

א. הוראת האמפרמטר גדלה כי ההתנגדות השקולה במעגל קטנה.

לפני סגירת המפסק: $R_T = R + r = R + R = 2\cdot R$

אחרי סגירת המפסק: $R_T' = \frac{R}{2} + r = \frac{R}{2} + R = \frac{3}{2}\cdot R$

ב. מתח ההדקים יורד מכיוון שהזרם הכללי גדל.

$$V = \epsilon - I\cdot r$$

ה.כ.א.מ. ϵ וההתנגדות הפנימית r הן קבועות כך שהגדלת הזרם גורמת להקטנת מתח ההדקים.

ג. כאשר המפסק פתוח:

$$I = \frac{\epsilon}{R + r} = \frac{\epsilon}{R + R} = \frac{\epsilon}{2\cdot R}$$

$$P = I^2\cdot 2R = \frac{\epsilon^2}{(2\cdot R)^2}\cdot 2R = \frac{\epsilon^2}{2\cdot R}$$

כאשר המפסק סגור:

$$I = \frac{\epsilon}{R/2 + r} = \frac{\epsilon}{R/2 + R} = \frac{2\cdot\epsilon}{3R}$$

$$P' = I^2\cdot\frac{3R}{2} = \frac{4\cdot\epsilon^2}{9\cdot R^2}\cdot\frac{3R}{2} = \frac{2\cdot\epsilon^2}{3\cdot R}$$

$$\frac{P'}{P} = \frac{\frac{2\cdot\epsilon^2}{3\cdot R}}{\frac{\epsilon^2}{2\cdot R}} = \frac{4}{3}$$

ההספק כשהמפסק סגור גדול פי $\frac{4}{3}$ מההספק כשהמפסק פתוח.

ד. ההספק המבוזבז על חימום המקור הוא: $P = I^2\cdot r = I^2\cdot R$

במקרה הראשון, כשהמפסק פתוח: $P = \frac{\epsilon^2}{(2\cdot R)^2}\cdot R = \frac{\epsilon^2}{4\cdot R}$

במקרה השני, כשהמפסק סגור: $P' = \frac{4\cdot\epsilon^2}{9\cdot R^2}\cdot R = \frac{4\cdot\epsilon^2}{9\cdot R}$

יחס ההספקים הוא: $\frac{P'}{P} = \frac{\frac{4\cdot\epsilon^2}{9\cdot R}}{\frac{\epsilon^2}{4\cdot R}} = \frac{16}{9}$

ההספק המבוזבז כשהמעגל סגור גדול פי $\frac{16}{9}$ מההספק כשהמעגל פתוח.

פיתרון מספר 8 - חשמל

א. כאשר המפסק S_1 סגור המעגל הוא מעגל טורי פשוט.
הוראת הוולטמטר היא אפס כי הקבל לא מחובר למעגל.

הוראת האמפרמטר היא: $I = \frac{V}{R} = \frac{24}{6\cdot 10^3} = 4\cdot 10^{-3}\ A = 4\ mA$

ב. אם המפסק S_1 נשאר סגור, מחובר הקבל במקביל לחוט בעל התנגדות אפס, כך שכל הזרם יזרום דרך החוט והקבל לא יטען (במילים אחרות הקבל מקוצר.) הוולטמטר ימשיך להראות אפס והאמפרמטר 4 mA.

ג. הזרם במעגל הולך וקטן במזמן שהקבל הולך ונטען.
נוסחת הזרם במעגל היא:

$$I = I_0\cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

קבוע הזמן של המעגל הוא: $\tau = R\cdot C = 6\cdot 10^3\cdot 5\cdot 10^{-3} = 30\ sec$

ברגע $t = 0$ הזרם שווה לזרם לפני הניתוק:

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{0}{30}} = I_0 = 4 \cdot 10^{-3}\ A$$

המתח הוא: $V = \epsilon - I \cdot R = 0$

בזמנים הבאים:

לאחר 30 שניות: $I = 4 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{30}{30}} = 1.47 \cdot 10^{-3}\ A$

$$V = \epsilon - I \cdot R = 24 - 1.47 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^3 = 15.18\ V$$

לאחר 60 שניות: $I = 4 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{60}{30}} = 5.41 \cdot 10^{-4}\ A$

$$V = \epsilon - I \cdot R = 24 - 5.41 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^3 = 20.75\ V$$

לאחר 300 שניות: $I = 4 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-\frac{300}{30}} = 1.81 \cdot 10^{-7}\ A$

$$V = \epsilon - I \cdot R = 24 - 1.81 \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 10^3 = 22.91\ V$$

פיתרון מספר 9 - חשמל

א. בכיוון ציר X אין כח והתנועה היא שוות מהירות: $X = v \cdot t$

בכיוון ציר Y פועל כח בהשפעת השדה החשמלי: $\Sigma F = E \cdot q = \frac{V}{d} \cdot q$

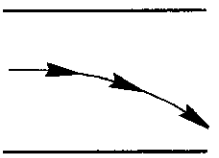
התאוצה היא: $a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{V \cdot q}{m \cdot d}$

המרחק y שהגוף עובר בציר Y , מכיוון שהמהירות ההתחלתית בציר זה היא אפס, הוא: $y = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = \frac{V \cdot q \cdot t^2}{2 \cdot m \cdot d}$

נציב במקום הזמן את הביטוי ל- X: $y = \frac{V \cdot q \cdot X^2}{2 \cdot m \cdot d \cdot v^2}$

זהו ביטוי לפרבולה כי: $y = K \cdot X^2$

צורת המסלול היא:



ב. הכח

של השדה המגנטי צריך לפעול כלפי מעלה ולכן כיוון השדה המגנטי הוא לתוך הדף.

ג. אם המטען נע בקו ישר שקול הכוחות עליו שווה לאפס:

$$\Sigma F = 0$$

$$qE = q \cdot v \cdot B$$

$$v = \frac{E}{B} \implies B = \frac{E}{v} = \frac{V}{v \cdot d}$$

ד. נחשב את רדיוס הסיבוב בשדה המגנטי:

$$q \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = \frac{m \cdot v}{q \cdot \left(\frac{V}{d \cdot v}\right)} = \frac{m \cdot d \cdot v^2}{q \cdot V} = \frac{0.2 \cdot 10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 5^2}{10^{-6} \cdot 2000} = 0.1 \text{ m}$$

רדיוס המסלול הוא 10 cm והמרחק עד ללוח השני הוא רק 4 cm כך שהמטען יפגע בלוח.

פיתרון מספר 10 - חשמל

א. הכ.א.מ. המושרה משתנה מכיוון שאורך המוט הנע בשדה מגנטי גדל עם הזמן.

ב. אורך כל אחד מהמוטות הנעים המהווה חלק מהריבוע הוא:

$$L = 0.1 + v \cdot t = 0.1 + 0.2 \cdot 4 = 0.9 \text{ m}$$

הכ.א.מ. שיוצר כל אחד מהמוטות הוא:

$$\epsilon = v \cdot B \cdot L = 0.2 \cdot 0.6 \cdot 0.9 = 0.108 \text{ V}$$

הכ.א.מ. הכללי הוא: $\epsilon_T = 2 \cdot \epsilon = 2 \cdot 0.108 = 0.216 \text{ V}$

ג. ההתנגדות של המעגל בכל רגע t היא:

$$R = \lambda \cdot 4 \cdot L = \lambda \cdot 4 \cdot (0.1 + vt)$$

מכיוון שהכ.א.מ. בכל רגע הוא:

$$\epsilon = 2 \cdot v \cdot B \cdot (0.1 + v \cdot t)$$

הזרם הוא:

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{2 \cdot v \cdot B \cdot (0.1 + v \cdot t)}{\lambda \cdot 4 \cdot (0.1 + vt)} = \frac{v \cdot B}{2 \cdot \lambda}$$

זהו ביטוי שלא תלוי בזמן כך שהזרם קבוע.

ד. לאחר 4 sec הזרם הוא: $I = \frac{v \cdot B}{2 \cdot \lambda} = \frac{0.2 \cdot 0.6}{2 \cdot 0.1} = 0.6\ A$

פיתרון מספר 11 - שאלון השלמה

א. ברגע $t = 2\ sec$ מגיע הגוף למהירות אפס. הדבר מתרחש בנקודה הקיצונית של מסלולו שעה שהתאוצה שלו היא מכסימלית ולא אפס.
המצב הלא נכון מתואר בתשובה ג'.
תשובה ג' היא התשובה הנכונה.

פיתרון מספר 12 - שאלון השלמה

א. השדה החשמלי בין לוחות הוא: $E = \frac{V}{d}$

התאוצה שפועלת על גוף הנמצא בשדה חשמלי היא:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m} = \frac{qV}{d}$$

הגוף נע בתנועה שוות תאוצה, ממהירות אפס. לכן:

$$X = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2 \cdot X}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot d^2}{q \cdot V}}$$

אם מגדילים את המרחק בין הלוחות פי שניים ללא שינוי שאר הגדלים, יגדל זמן התנועה פי ארבע.

ב. המהירות נקבעת על פי שיקולי אנרגיה. האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית היא $q \cdot V$ ללא קשר למרחק d בין הלוחות ולכן המהירות שהגוף יגיע לצד השני היא זהה בשני המיקרים.

פיתרון מספר 13 - שאלון השלמה

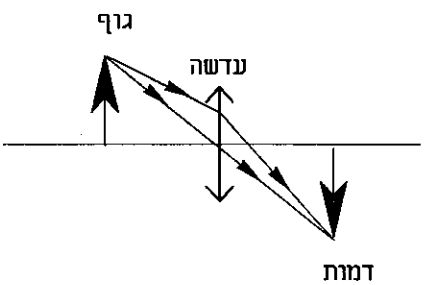
א. נשתמש בנוסחת העדשה: $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$

הנתונים הם: $f = 10\ cm\ ;\ u = 15\ cm$

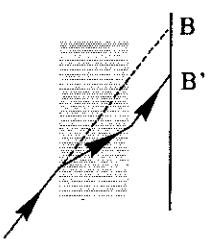
$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15} = \frac{3-2}{30} = \frac{1}{30} \implies v = 30\ cm$$

הדמות היא דמות ממשית (כי v חיובי) מצידה השני של העדשה.

ב. הדמות תיראה במלואה כי כל הקרניים היוצאות מן הגוף ועוברות דרך העדשה מתרכזות ליצירת הדמות לאו דווקא קרניים שנעות במקביל לציר.



פיתרון מספר 14 - שאלון השלמה



קרן אור סוטה ממסלולה בתוך הזכוכית ויוצאת בקו מקביל לכיוון כניסתה לזכוכית אבל קצת נמוך יותר ממקום כניסתה. כך שהיא תפגע בקיר בנקודה נמוכה יותר כאשר יש לוח זכוכית.

פיתרון מספר 15 - שאלון השלמה

המרחק אל נקודת המינימום מסדר n היא: $X_n = n \cdot \frac{\lambda \cdot L}{d}$

אם נקודת המינימום השניה של גל אחד מתלכדת עם נקודת מינימום השלישית של גל שני מתקיים השוויון:

$$2 \cdot \frac{7000 \cdot 10^{-10} \cdot L}{d} = 3 \cdot \frac{\lambda \cdot L}{d}$$

לכן: $\lambda = \frac{2 \cdot 7000}{3} = 4667\ \text{Å}$

פיתרון מספר 16 - שאלון השלמה

א. הגרף של מהירות כפונקציה של הזמן בתנועה שוות תאוצה הוא קו ישר ששיפועו שווה לתאוצה.

$v_t = v_0 + a \cdot t$

אם המהירות ההתחלתית שווה לאפס מתחיל הגרף מראשית הצירים.
הגרף מתאים לתיאור הפונקציה.

ב. האנרגיה הפוטנציאלית של קפיץ E תלויה בריבוע ההתארכות X:

$$E = \frac{1}{2} \cdot K \cdot X^2$$

הגרף לא מתאים לתיאור הפונקציה.

ג. האנרגיה הקינטית של גוף הנע במהירות קבועה נשארת קבועה ולא גדלה עם הזמן.
הגרף לא מתאים לתיאור הפונקציה.

ד. הקשר בין אורך גל λ ותדירות ν הוא: $\lambda = \frac{c}{\nu}$

זהו יחס הפוך ולא ישר.
הגרף לא מתאים לתיאור הפונקציה.

ה. הנוסחה של עוצמת עדשה היא: $D = \frac{1}{f}$

זהו יחס הפוך ולא ישר.
הגרף לא מתאים לתיאור הפונקציה.

פיתרון מספר 17 - שאלון השלמה

א. כן. שני אטומים שאינם של אותו היסוד שונים במספר הפרוטונים אבל אין מגבלה על מספר הנויטרונים שלהם והוא יכול להיות שווה.

ב. כן. אם מספר החלקיקים בגרעין הוא שווה, היינו ביסוד שיש יותר פרוטונים יש פחות נויטרונים בדיוק בהפרש מספר הפרוטונים, תהיה המסה שווה למרות שמספר הפרוטונים שונה.

פיתרון מספר 18 - שאלון השלמה

מתח העצירה תלוי באנרגיה של הפוטונים הפוגעים ולא במספרם. הגדלת עוצמת האור מגדילה רק את מספר הפוטונים הפוגעים ולכן מתח העצירה לא ישתנה.

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. מהירות התפשטות הגל היא: $v = \lambda \cdot f = 0.02 \cdot 10 = 0.2 \frac{m}{sec}$

ב. כדי לדעת את תוצאת ההתאבכות בנקודה כתוצאה משני המקורות ב- B ו- C עלינו לחשב את הפרשי הדרכים אל הנקודה.
נתחיל בנקודה E:

המסלול דרך B הוא: $\overline{ABE} = \overline{AB} + \overline{BE} = 4 + 10 = 14\ cm$

המסלול דרך C הוא:

$$\overline{ACE} = \overline{AC} + \overline{CE} = \sqrt{4^2 + 3^2} + \sqrt{10^2 + 3^2} = 5 + 10.44 = 15.44\ cm$$

הפרש הדרכים הוא: $\overline{ACE} - \overline{ABE} = 15.44 - 14 = 1.44\ cm$

מכיוון שאורך הגל הוא 2 cm הנקודה E היא לא נקודת התאבכות בונה ולא נקודת התאבכות הורסת.

נעבור לנקודה D. נקודה זו נמצאת על האנך לקטע $\overline{BC}$ כך שברור שלאחר המעבר בסדקים שווה הדרך $\overline{BD}$ לדרך של $\overline{CD}$. הפרש הדרכים נוצר רק בקטע הראשון.

הפרש הדרכים הוא: $\overline{AC} - \overline{AB} = \sqrt{4^2 + 3^2} - 4 = 5 - 4 = 1\ cm$

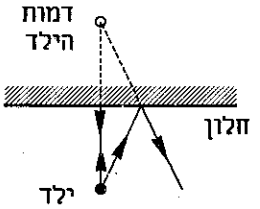
מכיוון שאורך הגל הוא 2 cm הפרש הדרכים הוא מחצית אורך גל כך שההתאבכות בנקודה היא התאבכות הורסת.

ג. אם התדירות גדלה פי שניים קטן אורך הגל פי שניים, היינו אורך הגל שווה ל- 1 cm. במקרה זה הפרש בדרכים לנקודה D יהיה הפרש דרכים של אורך גל שלם ותהיה התאבכות בונה בנקודה.
נקודה E היא עדיין נקודת ביניים שאין בה שיא או שפל.

ד. כאשר סותמים את הסדק C תיוותר תבנית עקיפה בסדק יחיד ובה כתם אור מרכזי וסדרה של כתמי אור קטנים פי שניים משני צידיו.

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. החלון מהווה מראה. הדמות הנוצרת במראה נמצאת במרחק שווה מהחלון למרחק הילד ממנו.



ב. אי אפשר לקבל דמות זו על מסך כי זו דמות מדומה.

ג. הקיר השחור בולע את כל קרני האור הפוגעות בו ואינו מחזיר כלום.

ד. אמנם הקיר הלבן מחזיר את כל האור הפוגע בו, אבל הקיר הלבן מחזיר את קרני האור בצורה אקראית בניגוד למראה המחזירה את האור לפי חוקי ההחזרה.

ה. עוצמת האור מן השמש הבאה מן החוץ גדולה בהרבה מהאור המוחזר מן הילד כך שהדמות נבלעת ולא נראית.

פיתרון מספר 21 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. תחום האנרגיה של הקרינה בספקטרום הוא:

$$E_{(1000\ \text{Å})} = \frac{h\cdot c}{\lambda} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{1000\cdot 10^{-10}} = 1.99\cdot 10^{-18}\ \text{eV} = 12.43\ \text{eV}$$

$$E_{(1500\ \text{Å})} = \frac{h\cdot c}{\lambda} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{1500\cdot 10^{-10}} = 1.33\cdot 10^{-18}\ \text{eV} = 8.29\ \text{eV}$$

אטומי המימן נמצאים ברמת היסוד.
האנרגיה הדרושה להעלותם לרמה השניה היא:

$E = (-3.4) - (-13.6) = 10.2\ \text{eV}$

האנרגיה הדרושה להעלותם לרמה השלישית היא:

$E = (-1.51) - (-13.6) = 12.09\ \text{eV}$

האנרגיה הדרושה להעלותם לרמה הרביעית היא:

$E = (-0.85) - (-13.6) = 12.75\ \text{eV}$

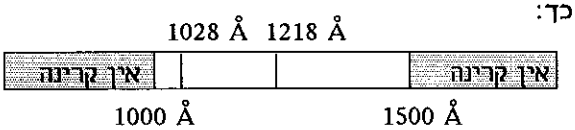
האנרגיה מספיקה להעלות את אטומי המימן לרמה המעוררת השניה והשלישית.

ב. נוצר ספקטרום בליעה בשני אורכי גל שעוררו את אטומי המימן.
אורכי הגל הם:

$$\lambda_{(10.2\ \text{eV})} = \frac{h\cdot c}{E} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{10.2\cdot 1.6\cdot 10^{-19}} = 1.218\cdot 10^{-10}\ \text{m} = 1218\ \text{Å}$$

$$\lambda_{(12.09\ \text{eV})} = \frac{h\cdot c}{E} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^{8}}{12.09\cdot 1.6\cdot 10^{-19}} = 1.028\cdot 10^{-10}\ \text{m} = 1028\ \text{Å}$$

ספקטרום בליעה הוא חוסר בקרינה באורכי הגל שבהם יש בליעה.
הספקטרום נראה כך:



ג. (1) אנרגית הינון היא אנרגיה שיש להשקיע באלקטרון הנמצא ברמת היסוד כדי לשחררו מן האטום. אנרגיה זו, במקרה של אטום המימן שווה ל- 13.6 eV .

(2) הנוסחה לאנרגית הינון היא: $E = \frac{2 \cdot \pi^2 \cdot K^2 m \cdot q^4}{h^2}$

כך שאנרגיה הזו תלויה במסת האלקטרון. אם יוחלף האלקטרון במיואון הכבד פי 200 תגדל האנרגיה פי מאתיים כי היחס הוא יחס ישר. האנרגיה תהיה: $E = 200 \cdot 13.6 = 2720 \text{ eV}$

פיתרון 22 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. הסיבה לעלית הזרם עם עלית המתח היא שככל שהמתח גדול יותר הוא מושך יותר אלקטרונים שנפלטו בכיוון אקראי שלא בכיוון האנודה ומגיעים בגלל המתח החשמלי אל האנודה.
הסיבה לירידת הזרם היא שבמתח מסוים רוכש האלקטרון החופשי אנרגיה מספקת לעירור אטומי הכספית. בשעה שהוא מעורר אותם הוא מוסר את האנרגיה שלו ולא מגיע לאנודה בגלל מתח העצירה.

ב. אטום הכספית הוא בעל רמות אנרגיה בדידות כי רק באנרגיה מסוימת של האלקטרון החופשי הוא מוסר את האנרגיה שלו. רמת האנרגיה במקרה הזה היא של 4.9 eV .

ג. (1) בהתנגשות לא אלסטית מוסר האלקטרון אנרגיה של 4.9 eV .
לאחר פעמיים של מסירת אנרגיה ישאר האלקטרון עם:
$12 \text{ eV} - 2 \cdot 4.9 = 2.2 \text{ eV}$
ואנרגיה זו לא מספיקה להתנגשות שלישית.

(2) $\lambda_{(4.9 \text{ eV})} = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4.9 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19}} = 2.537 \cdot 10^{-7} = 2537 \text{ Å}$

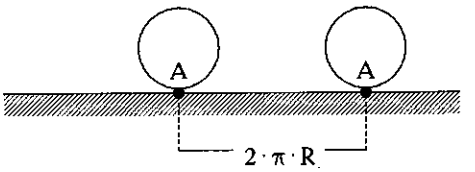
פיתרון מספר 23 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. הקשר בין המהירות הזוויתית ω והמהירות הקווית v הוא: $v = \omega \cdot R$

הקשר הזה הוא ריגעי ובמשך התנועה מטה של הגליל במורד המישור המשופע גדלות המהירות הקווית והמהירות הזוויתית בכל רגע.

נוכיח את הקשר בין המהירות הקווית והזוויתית בגלגול ללא החלקה בהסתכלות על גליל הנע במהירות קבועה ללא החלקה על מישור אופקי.

נסמן נקודה אחת A על הגליל. המרחק בין שתי נקודות מגע שלה עם הריצפה (אם אין החלקה) הוא במרחק השווה להיקף הגליל.



המרחק הקווי שהגוף מתקדם במקרה זה הוא: $X = v \cdot t$

מכיוון שזהו זמן של מחזור אחד: $2 \cdot \pi \cdot R = v \cdot T$

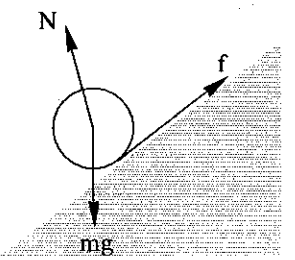
או: $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$

במשך הזמן הזה מסתובבת הנקודה A מסביב למרכז הגליל:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

ומכאן: $v = \omega \cdot R$

ב. הכוחות הם:



ג. נמצא את מהירות הגליל בעזרת שיקולי אנרגיה. האנרגיה הפוטנציאלית למעלה בנקודה A שווה לאנרגיה הקינטית הסיבובית והקווית למטה בנקודה B.

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

נציב: $I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 \;\; ; \;\; \omega = \frac{v}{r}$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2\right) \cdot \left(\frac{v}{r}\right)^2 = \frac{3}{4} \cdot m \cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot g \cdot h} = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot 10 \cdot 0.1} = 1.154 \; \frac{m}{sec}$$

הגוף נע בתנועה שוות תאוצה.
הנתונים הם:

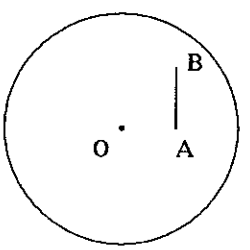
$$v_0 = 0 \;;\; v_t = 1.154\,\frac{m}{sec} \;;\; X = \frac{h}{\sin(30^0)} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2\ m$$

$$X = \frac{v_0 + v_t}{2}\cdot t \implies t = \frac{2\cdot X}{v_0 + v_t} = \frac{2\cdot 0.2}{0 + 1.154} = 0.35\ sec$$

ד. מומנט ההתמד של גליל חלול הוא גדול יותר $I = m\cdot r^2$ כך שמהירותו תהיה קטנה יותר.

פיתרון מספר 24 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. המהירות הזוויתית של הדיסקה לא תשתנה כי הלוליין קופץ עם המהירות של הדיסקה כך שהתנע הזוויתי הריגעי השקול לא משתנה ברגע הקפיצה.



ב. ללוליין מהירות משיקית שהיתה המהירות המשיקית של הדיסקה ברגע הקפיצה. כיוון המהירות המשיקית הוא כלפי נקודה הנמצאת רחוק יותר מן המרכז. כך שאם הוא קפץ בנקודה A ונחת ב- B (הוא נע בקו ישר לאחר שניתק מהדיסקה) המרחק $\overline{OB}$ גדול מהמרחק $\overline{OA}$.

ג. מומנט ההתמד של הלולין גדל כי מרחקו ממרכז הסיבוב גדל. מכיוון שאין מומנט חיצוני והתנע הזוויתי נכללי נשמר תקטן המהירות הזוויתית של המערכת.

ד. מומנט ההתמד של הלוליין קטן ככל שהוא מתקרב למרכז, ולכן לפי חוק שימור התנע הזוויתי תגדל המהירות הזוויתית.

פיתרון מספר 25 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. הספק ריגעי הוא מכפלת הזרם הרגעי במתח הריגעי. $P = V\cdot I$
מקור המתח מספק אנרגיה לסליל כאשר ההספק חיובי, זאת אומרת כאשר שני הגדלים חיוביים או כאשר הם שליליים.
הדבר מתרחש בקטעים: $\overline{BC}$, $\overline{OA}$

ב. $X_L = \frac{V_{max}}{I_{max}} = \frac{1}{0.16} = 6.25\ \Omega$

מהגרף אנחנו רואים שזמן המחזור הוא: $T = 0.004\ sec$

$$X_L = \omega \cdot L = \frac{2 \cdot \pi}{T} \cdot L \implies L = \frac{X_L \cdot T}{2 \cdot \pi} = \frac{6.25 \cdot 0.004}{2 \cdot \pi} = 4 \cdot 10^{-3}\ H$$

ג. מכיוון שגרף המתח מתאר את מתח המקור הגרף לא היה משתנה.
הזרם במעגל היה קטן מכיוון שהעכבה השקולה גדלה, והפרש המופע בין המתח והזרם היה קטן מ- $\frac{\pi}{2}$ להפרש נמוך יותר.

פיתרון מספר 26 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. (1) במשך זמן של מחזור שלם צריכת האנרגיה של הסליל היא אפס כי במשך מחצית מזמן המחזור מקור המתח מספק אנרגיה לסליל ובמשך המחצית השניה הסליל מחזיר את האנרגיה למקור.

(2) גם צריכת האנרגיה של הקבל במשך זמן מחזור שלם היא אפס.

(3) כדי למצוא את צריכת האנרגיה של הנגד נחשב את עכבת המעגל ובעזרתה את הזרם במעגל:

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 5000 \cdot 10^{-3} = 31.41\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 5000 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6}} = 63.66\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{20^2 + (31.41 - 63.66)^2} = 37.9\ \Omega$$

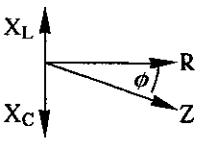
$$I_{max} = \frac{V_{max}}{Z} = \frac{12}{37.9} = 0.316\ A$$

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{0.316}{\sqrt{2}} = 0.223\ A$$

צריכת האנרגיה של הנגד היא:

$$E = P \cdot T = \frac{P}{f} = \frac{1}{f} \cdot I_{eff}^2 \cdot R = \frac{1}{5000} \cdot 0.223^2 \cdot 20 = 2 \cdot 10^{-4}\ J$$

ב. $\cos(\phi) = \frac{R}{Z} = \frac{20}{37.9} = 0.528$



ההספק הממוצע במחזור אחד הוא:

$$P = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{2} \cdot \cos(\phi) = \frac{12 \cdot 0.316}{2} \cdot 0.528 = 1\ W$$

ג. התדירות בתהודה היא: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$

הקבל השקול הדרוש למצב של תהודה הוא:

$$C = \frac{1}{\omega^2 \cdot L} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot 5000^2 \cdot 10^{-3}} = 1 \cdot 10^{-6}\ F = 1\ \mu F$$

צריך להגדיל את הקיבול וזאת נעשה על ידי חיבור קבל במקביל. הקבל הדרוש הוא:

$$C_1 + C_2 = C_T \implies C_2 = C_T - C_1 = 1 - 0.5 = 0.5\ \mu F$$

פיתרון מספר 27 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. על פי חוק הציפה שווה משקל הגוף למשקל הנוזל שנדחה.
כדי לחשב את נפח המים שנידחו, נפחית מהנפח הכללי של המשורה את $25\ cm^3$ של המים שנמצאים בתוך המשורה ו- $25\ cm^3$ של המשורה הנמצאים מחוץ למים כך שנפח המים שנידחו הוא $50\ cm^3$.

משקל המים שנידחו הוא: $W = \rho \cdot V = 1 \cdot 50 = 50\ gr$

ב. המשורה תשקע יותר במים כך שהחלק הנמצא מעל פני המים יהיה קטן יותר.
הסיבה היא תהליך רב שלבים. נסביר כל שלב:
1. כאשר שמים משקולת על הבוכנה B, קטן הנפח של האויר הכלוא במיכל G . כדי להגיע לשיווי משקל גדל לחץ האויר במיכל, כי הקטנת נפח גורמת להגדלת לחץ, כשהתהליך בטמפרטורה קבועה.
2. הגדלת הלחץ על פני הנוזל גורמת להגדלת הלחץ בתוך המשורה A, כי לחץ האויר במשורה צריך לאזן גם את הלחץ החיצוני.
3. הגדלת הלחץ גורמת להקטנת הנפח בתוך המשורה (תהליך הפוך לתהליך שהיה במיכל G)
4. בעקבות הקטנת הנפח נכנסים מים מתחתית המשורה אל החלל שהתפנה.
5. כמות המים שנדחו על ידי המשורה קטנה ולכן כח העילוי קטן.
6. המשורה שוקעת עוד עד שמשקל המים שנדחים שווה שוב למשקל המשורה שלא השתנה.

פיתרון מספר 28 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים ונגזים

א. (1) מן הנקודה A לנקודה B מחומם הגוף בלחץ קבוע. תוך כדי החימום גדל נפח הגוף.
(2) מן הנקודה B לנקודה C מחומם הגוף בנפח קבוע. תוך כדי החימום גדל הלחץ.
(3) מנקודה C לנקודה D (בהנחה שזו איזוטרמה) גדל נפח הגוף תוך הקטנת הלחץ בטמפרטורה קבועה.

ב. (1) השינוי הוא בלחץ קבוע כך שנוסחת הגזים בין שתי הנקודות היא:

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \Longrightarrow T_B = T_A \cdot \frac{V_B}{V_A} = 200 \cdot \frac{2}{1} = 400^{o}K = 127^{o}\ C$$

(2) השינוי הוא בנפח קבוע כך שנוסחת הגזים בין שתי הנקודות היא:

$$\frac{P_B}{T_B} = \frac{P_C}{T_C} \Longrightarrow T_C = T_B \cdot \frac{P_C}{P_B} = 400 \cdot \frac{3}{1} = 1200^{o}K = 927^{o}\ C$$

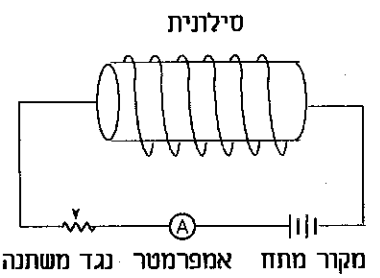
(3) מכיוון שזו איזוטרמה, השינוי הוא בטמפרטורה קבועה כך שהטמפרטורה נשארת $927^{o}C$.

ג. נשתמש במשוואת הגזים במצב A: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$

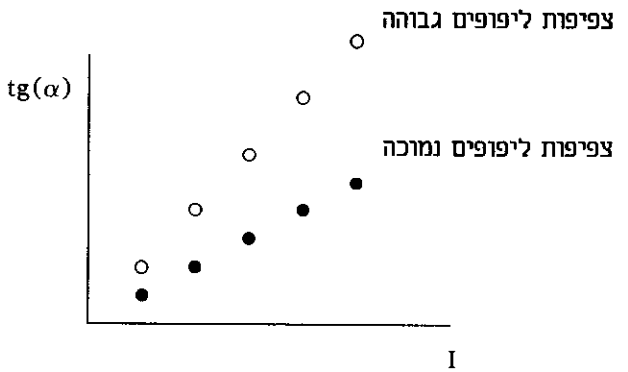
$$M = \frac{m \cdot R \cdot T}{P \cdot V} = \frac{1.93 \cdot 8.31 \cdot 200}{1 \cdot 10^5 \cdot 1} = 0.032\ \frac{kg}{mole} = 32\ \frac{gr}{mole}$$

מעבדת חקר - ניסוי א' - שדה מגנטי של סילונית

ג. שרטוט המעגל החשמלי הוא:

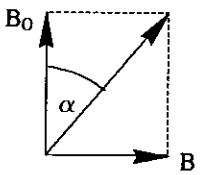


7. הגרף המתקבל באופן איכותי הוא:



8. היחס בין $tg(\alpha)$ לבין הזרם I הוא יחס ישר.

9. על מחט המצפן פועלים שני שדות מגנטיים. השדה המגנטי של כדור הארץ B_0 שכיוונו הוא לצפון, והשדה המגנטי של הסילונית B שכיוונו מזרח או מערב, תלוי בכיוון הזרם בסילונית.
השדה המגנטי שמראה המחט הוא השדה המגנטי השקול.



מן הסרטוט אנחנו רואים:

$$tg(\alpha) = \frac{B}{B_0} = \frac{\mu_0 \cdot N}{B_0 \cdot L} \cdot I$$

כך שיש יחס ישר בין $tg(\alpha)$ לבין הזרם I.

את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ ניתן למצוא על ידי מדידת השיפוע של הגרף, מכיוון שהשיפוע הוא:

$$a = \frac{\mu_0 \cdot N}{B_0 \cdot L}$$

ומכאן מחלצים את B_0:

$$B_0 = \frac{\mu_0 \cdot N}{a \cdot L}$$

10. מן הקשר שמצאנו בין $tg(\alpha)$ לבין הזרם I אנחנו רואים שככל שצפיפות הליפופים $\frac{N}{L}$ גדולה יותר גדול יותר שיפוע הגרף.

שיפוע הגרף נמצא ביחס ישר לצפיפות הליפופים ולכן עם הצפיפות תהיה גדולה פי 3 מצפיפות הליפופים הנמוכה יהיה השיפוע גדול פי 3.

11. בקצה הסילונית השדה המגנטי של הסילונית אינו אחיד ואינו מקביל לציר הסילונית, כך שהתוצאה המתקבלת לא ניתנת לניתוח פשוט וצלויה מאד בנקודה בה מוצב המצפן.

מעבדת חקר - ניסוי ב' - מדידת רוחק מוקד של עדשה

5. הגרף המתקבל הוא גרף לינארי ששיפועו הוא $4 \cdot f$.

את השיפוע נמצא בעזרת שתי נקודות: $a = \frac{\Delta(d^2 - x^2)}{\Delta d}$

ובעזרת השיפוע נמצא את אורך המוקד: $f = \frac{a}{4}$

6. הגרף המתקבל הוא גרף לינארי ששיפועו הוא $\frac{1}{f}$.

את השיפוע נמצא בעזרת שתי נקודות: $a = \frac{\Delta m}{\Delta v}$

ובעזרת השיפוע נמצא את אורך המוקד: $f = \frac{1}{a}$

7. התוצאה הראשונה מדויקת יותר כי מדידת x ו- d נוחה יות רומדויקת יותר ממדידת גודל הדמות H_i.

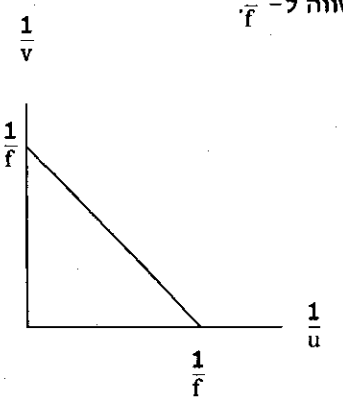
8. ניתן להציב גוף במרחק u מן העדשה ולמדוד את המרחק v של הדמות הנוצרת על מסך מן העדשה.
לעשות סידרה של מדידות תוך כדי שינוי u.

לסרטט גרף של $\frac{1}{v}$ כפונקציה של $\frac{1}{u}$.

מכיוון שמתקיים הקשר של נוסחת העדשה:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \implies \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$$

הרי שהגרף המתקבל הוא בשיפוע 1-, ונקודת החיתוך עם ציר ה- X ועם ציר ה- Y שווה ל- $\frac{1}{f}$.

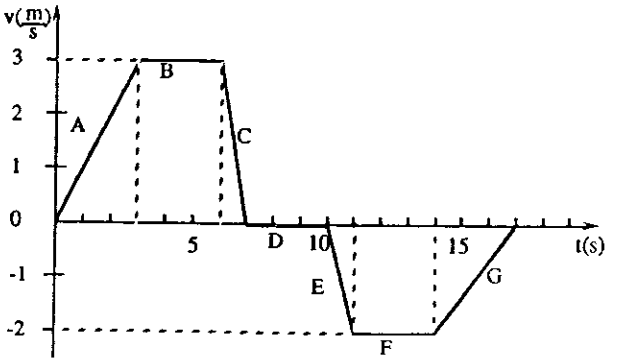


בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1992

חלק א' - מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 5 - 1.

1. הגרף שלפניך מתאר תנועת מעלית במבנה הנמצא בבנייה. מסומנים בו שבעה קטעים מ- A עד G . המעלית מתחילה את תנועתה מן הקרקע, והכיוון כלפי מעלה נבחר כחיובי.



א. קבע בכל אחד מן הקטעים אם המעלית עולה או יורדת, ואם גדל מהירותה קבוע, גדל או קטן. (7 נקודות)

ב. מהו הגובה המקסימלי אליו מגיעה המעלית? (8 נקודות)

ג. באיזה גובה מעל הקרקע נמצאת המעלית בגמר תנועתה? (8 נקודות)

ד. שק מלט מונח על מאזני קפיץ (מאזני אמבטיה) שעל רצפת המעלית. המאזניים מכוילים בקילוגרמים. בקטע A של התנועה מופיע המספר 55 על צג המאזניים. מצא איזה מספר יופיע על הצג בכל אחד מהקטעים האחרים של התנועה. ($10\frac{1}{3}$ נקודות)

2. רחפת היא כלי הנע על כרית אוויר, ומסוגל לנוע בכל כיוון במישור אופקי ללא חיכוך. על רחפת כזו נמצא נער. הרחפת נעה בקו ישר במהירות קבועה של $3\ \frac{m}{s}$. התנגדות האוויר זניחה.

א. מהרחפת נזרק כדור בכיוון אנכי כלפי מעלה במהירות $1\ \frac{m}{s}$ (יחסית לרחפת), ונחת על הרחפת.

מהו המרחק על הרחפת בין הנקודה ממנה נזרק הכדור לבין הנקודה בה נחת? ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. הנער קופץ הצדה מן הרחפת במהירות אופקית. מהירות זו ביחס לרחפת: גודלה $4\ \frac{m}{s}$, כיוונה ניצב לכיוון תנועתה המקורי של הרחפת. גובה פני הרחפת מעל הקרקע $1.25\ m$.

חשב את המרחק האופקי מן הנקודה שבה עזב הנער את הרחפת ועד לנקודה שבה נחת על הקרקע. (11 נקודות)

ג. מסת הרחפת היא $80\ kg$, ומסת הנער – $45\ kg$.

(1) מה הזווית בין כיוון התנועה של הרחפת, לאחר שהנער קפץ ממנה, לבין כיוונה המקורי? (7 נקודות)

(2) מה גודל המהירות של הרחפת לאחר שהנער קפץ ממנה? (7 נקודות)

3. כדי לחקור את תלות זמן המחזור של תנועה הרמונית במסה, מבצע תלמיד את הפעולות הבאות: קושר קפיץ לכַּן ותולה עליו סל. לתוך הסל הוא מכניס גלילי ברזל, שמסת כל אחד מהם היא 300 גרם, מרים את הסל מעל נקודת שיווי־המשקל ועוזב. בעזרת שעון עצר הוא מודד את הזמן הדרוש לעשרה מחזורים, ומחשב את זמן המחזור T עבור מספר גלילים משתנה בסל. להלן תוצאות מדידותיו:

מספר הגלילים	1	2	3	4	5	6
T בשניות	0.63	0.84	1.01	1.13	1.26	1.38

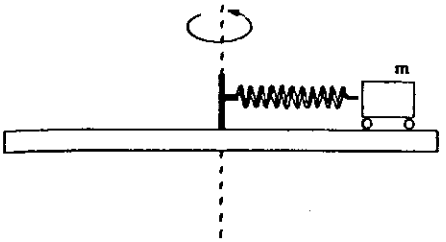
א. הסבר מדוע מדד התלמיד עשרה מחזורים, אף־על־פי שיש לו שעון עצר המודד מאיות שנייה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. ערוך גרף של T^2 כפונקציה של מספר הגלילים. (8 נקודות)

ג. האם הקו שסרטטת עובר דרך ראשית הצירים? אם כן – מה המסקנה מכך? אם לא – איזה גודל פיסיקלי מייצגת כל אחת מנקודות החיתוך של הקו עם הצירים? (10 נקודות)

ד. מהו הקבוע של הקפיץ? (10 נקודות)

4. שולחן עגול מסתובב סביב ציר העובר במרכזו. עגלה נמצאת על מסילה הקבועה לאורך רדיוס השולחן, כך שהעגלה יכולה לנוע רק לאורך המסילה ללא חיכוך. העגלה קשורה לקפיץ, הקשור למרכז השולחן (ראה תרשים).



לקפיץ קבוע k , ואורכו ℓ כאשר הוא אינו מתוח. מסובבים את השולחן בתדירות של f סיבובים לשנייה. העגלה שמסתה m מסתובבת עם השולחן במרחק r ממרכזו. התייחס לעגלה כאל גוף נקודתי.

א. בטא את רדיוס הסיבוב r של העגלה באמצעות הנתונים שבשאלה. (17 נקודות)

ב. האם לביטוי שמצאת בסעיף א יש משמעות פיסיקלית בכל תדירות סיבובו נמק. (7 נקודות)

ג. קוטר השולחן $2.5\ m$, האורך ההתחלתי של הקפיץ $25\ cm$, קבוע הקפיץ $60\ \frac{N}{m}$ ומסת העגלה $2.4\ kg$. באיזו תדירות יש לסובב את השולחן, כדי שהעגלה תיפול ממנו? ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

5. א. לוויין ירד ממסלול מעגלי גבוה למסלול מעגלי נמוך סביב כדור־הארץ. האם כתוצאה מכך:

(1) האנרגיה הקינטית של הלוויין קָטנה, גָדלה או לא השתנתה? נמק. (7 נקודות)

(2) האנרגיה הכוללת של הלוויין קָטנה, גָדלה או לא השתנתה? נמק. (7 נקודות)

ב. מודדים את משקלו של גוף הנמצא בתוך לוויין באמצעות מאזני קפיץ. כאשר הלוויין נמצא על הקרקע, מראים המאזניים $10\ N$. מה מראים המאזניים:

(1) תוך כדי שילוח הלוויין, כאשר תאוצת הלוויין היא $40\ \frac{m}{s^2}$? הסבר. (6 נקודות)

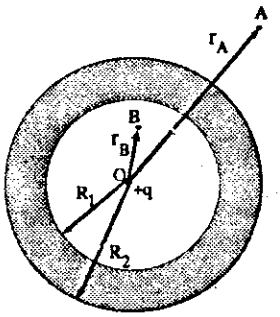
(2) כאשר הלוויין נע במסלול סביב כדור־הארץ, לאחר שכָבו מנועי השילוח? הסבר. (6 נקודות)

ג. לוויין מסתובב מעל קו המשווה באותו כיוון שבו מסתובב כדור־הארץ סביב צירו. זמן המחזור של הלוויין הוא 12 שעות. כל כמה זמן עובר הלוויין מעל נקודת תצפית מסוימת שעל הקרקע? הסבר. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

חלק ב' – חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 – 6.

6. מטען נקודתי $+q$ נמצא בנקודה O. נקודות A ו B נמצאות במרחקים r_A ו r_B, בהתאמה, מהנקודה O. מקיפים את המטען הנקודתי בקליפה כדורית מוליכה בלתי טעונה, שמרכזה O ורדיוסיה R_1 ו R_2, כמתואר בתרשים.



א. כתוצאה מהוספת הקליפה הכדורית, האם ישתנה:

(1) השדה החשמלי בנקודה A? אם לא – הסבר מדוע, ואם כן – מצא ביטוי לשינוי בשדה החשמלי ב־A (מבוטא באמצעות q, r_A, R_1 ו R_2). (6 נקודות)

(2) הפוטנציאל בנקודה A? אם לא – הסבר מדוע, ואם כן – מצא ביטוי לשינוי בפוטנציאל ב־A (מבוטא באמצעות q, r_A, R_1 ו R_2). (6 נקודות)

ב. ענה על סעיף א לגבי הנקודה B (בטא שינויים, אם ישנם, באמצעות q, r_B, R_1 ו R_2). (12 נקודות)

ג. מאריקים (מחברים לאדמה) את הקליפה הכדורית. האם ישפיע הדבר על עוצמת השדה בנקודה A? הסבר. ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

7. לרשותו של תלמיד מקור מתח שהתנגדותו הפנימית 2Ω, נגד, וולטמטר ואלקטרומטר (באמצעות אלקטרומטר ניתן למדוד מתחים ללא מעבר זרם באלקטרומטר).

התלמיד ביצע את שלוש הפעולות הבאות:

1. חיבר את האלקטרומטר אל הדקי מקור המתח. האלקטרומטר הראה 24V.
2. חיבר גם את הנגד אל הדקי מקור המתח. האלקטרומטר הראה 22V.
3. ניתק את האלקטרומטר ממקור המתח, וחיבר במקומו את הוולטמטר (הנגד היה עדיין מחובר). הוולטמטר הראה 21.6V.

א. (1) סרטט את המעגלים החשמליים בשלושת המקרים 1־3. (3 נקודות)

(2) מדוע תוצאת המדידה השנייה קטנה מהראשונה? (3 נקודות)

(3) מדוע תוצאת המדידה השלישית קטנה מהשנייה? (4 נקודות)

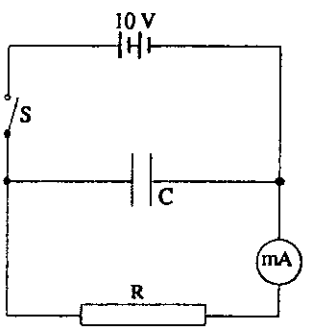
ב. מצא את התנגדות הנגד. (6 נקודות)

ג. מצא את התנגדות הוולטמטר. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

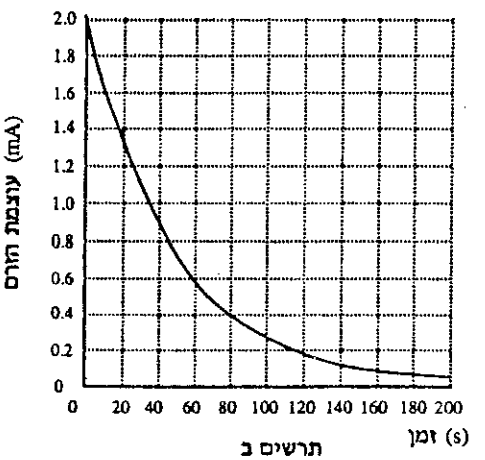
ד. אם התלמיד היה מחליף את הוולטמטר שעמד לרשותו בוולטמטר אחר (בלי לנתק את הנגד), האם תוצאת המדידה היתה יכולה להיות גדולה מ- 21.6V? הסבר. (5 נקודות)

ה. האם יכול וולטמטר אחר להראות 23V (בלי לנתק את הנגד)? הסבר. (5 נקודות)

8. כדי לחקור פריקה של קבל דרך נגד, בנה תלמיד את המעגל החשמלי המתואר בתרשים א, הכולל מקור מתח שהכא"מ שלו 10V והתנגדותו הפנימית ניתנת להזנחה. בתחילה היה המפסק S סגור עד טעינתו המלאה של הקבל, ולאחר מכן, ברגע $t = 0$, פתח התלמיד את המפסק. תרשים ב מראה את קריאת המיליאמפרמטר, שהתנגדותו זניחה, בעת הפריקה, כפונקציה של הזמן.



תרשים א



תרשים ב

א. השתמש בתרשים ב כדי לחשב את הגדלים הבאים (בסדר הנוח לך):

(1) המטען ההתחלתי שבו היה הקבל טעון ברגע $t = 0$. (6 נקודות)

(2) קיבול הקבל C. (6 נקודות)

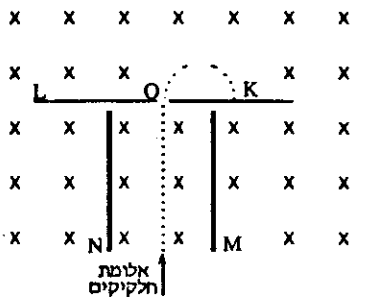
(3) התנגדות הנגד R. (6 נקודות)

ב. האם תשובתך בסעיף א (1) מבטאת את כמות המטען על לוח אחד של הקבל או את סכום ערכיהם המוחלטים של המטענים על שני לוחותיו? הסבר. (7 נקודות)

ג. אילו הפריקה היתה נעשית דרך נגד בעל התנגדות גדולה מ- R, האם התלמיד היה מקבל עקום שונה? אם לא - הסבר מדוע, אם כן - העתק למחברתך את העקום המקורי, והוסף באותה מערכת צירים סרטוט מקורב של העקום, שהיה מתקבל עם נגד בעל התנגדות גדולה מ- R. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

9. בשדה מגנטי אחיד, שעוצמתו B וכיוונו "לתוך הדף", נמצא קבל טעון. בין לוחות הקבל, M ו N , הניצבים למישור הדף, שורר שדה חשמלי אחיד שעוצמתו E . אלומת חלקיקים נכנסת אל בין לוחות הקבל בניצב לשדות E ו B . החלקיקים נעים בין הלוחות במסלול ישר. חלקם עוברים דרך חריר O שבחיץ L , ולאחר מכן פוגעים בחיץ בנקודה K (ראה תרשים). מטענו של כל חלקיק הוא q ומסתו m .

כוחות הגרביטציה הפועלים על החלקיקים ניתנים להזנחה.



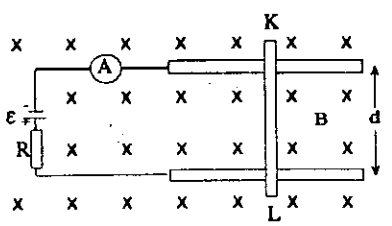
א. האם מטען החלקיקים הוא חיובי או שליל? נמק. (5 נקודות)

ב. מה כיוון השדה החשמלי? נמק. (5 נקודות)

ג. בטא את המרחק OK באמצעות q , m , B ו E . ($13\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. רוצים שהחלקיקים יפגעו בחיץ בנקודה קרובה יותר לחריר O (כלומר רוצים להקטין את OK) . ניתן לשנות אך ורק את עוצמות השדות E ו B (ולא, למשל, את מהירות החלקיקים). מה יש לעשות לשם כך? הסבר. (10 נקודות)

10. שני מוטות מוליכים מקבילים ואופקיים, שהמרחק ביניהם d , נמצאים בשדה מגנטי אחיד B , המאונך למישור הנוצר על־ידי שני המוטות וכיוונו "לתוך הדף".



המוטות מחוברים למקור מתח ε , לנגד R ולמד־זרם A .

מניחים, על־גבי שני המוטות ובמאונך להם, מוט מוליך שלישי KL (ראה תרשים).

ההתנגדויות החשמליות של מקור המתח, של מד־הזרם ושל שלושת המוטות זניחות, וכן זניח החיכוך בין המוט KL לבין המוטות המקבילים. על המוט KL מפעילים כוח חיצוני אופקי F, כדי להחזיקו במנוחה.

א. (1) מצא את כיוון הזרם I במוט KL, ובטא את עוצמתו באמצעות נתוני השאלה. (6 נקודות)

(2) מצא את כיוונו של הכוח החיצוני F, ובטא את גודלו באמצעות נתוני השאלה. (8 נקודות)

ב. מפסיקים את פעולת הכוח החיצוני F.

(1) האם המוט KL ינוע שמאלה, ימינה או יישאר במקומו? הסבר. (2 נקודות)

(2) האם עוצמת הזרם I תגדל, תקטן או לא תשתנה? הסבר. (8 נקודות)

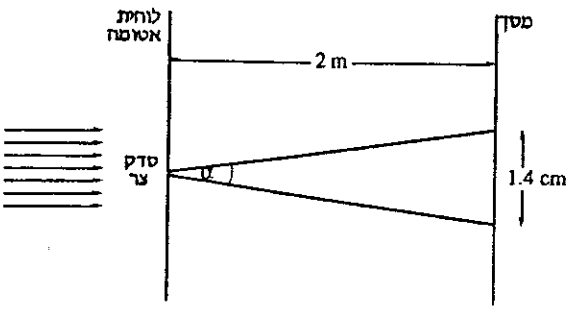
ג. עתה מסיעים את המוט KL ימינה במהירות קבועה v. האם עוצמת הזרם דרך המוט תהיה גדולה או קטנה מזו שזרמה דרכו כאשר הוחזק במנוחה על־ידי הכוח F? הסבר. ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

חלק ג' – פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון – תורת האור והגלים

11. אלומה מקבילה של אור חד־צבעי, שאורך הגל שלו $\lambda = 7000\ \text{Å}$, עוברת דרך סדק צר בלוחית אטומה, ופוגעת במסך הנמצא במרחק 2 m מהלוחית. על המסך נוצרת תבנית עקיפה, שהמקסימום המרכזי בה הוא ברוחב 1.4 cm (ראה תרשים), ועוצמת פסי האור הצדדיים ניתנת להזנחה.



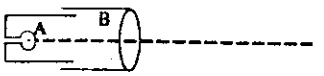
א. מה רוחב הסדק? (20 נקודות)

ב. פותחים סדק שני, זהה לראשון ומקביל לו, במרחק 2 mm ממנו. מתברר, כי במקסימום הראשי הקודם נוצרים פסים בהירים ושחורים.

מהו המרחק בין שני פסים בהירים כאלה? (25 נקודות)

ג. מקרבים בהדרגה את המסך ללוחית. כאשר המסך מגיע למרחק מסוים, נעלמת תמונת ההתאבכות שהתקבלה בסעיף ב. הסבר מדוע, בליווי סרטוט. (5 נקודות)

12. פנס עשוי משני צינורות, שיכולים לנוע אחד בתוך השני (ראה תרשים א).



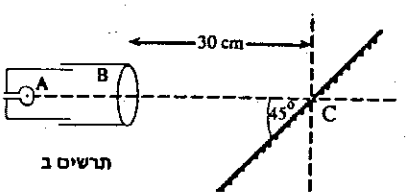
תרשים א

בצינור הפנימי נורה בעלת חוט להט A, שניתן להתייחס אליו כאל מקור נקודתי.

בצינור החיצוני עדשה מרכזת B, שרוחק המוקד שלה הוא 15 cm. חוט הלהט נמצא על הציר האופטי של העדשה.

א. מה צריך להיות המרחק בין חוט הלהט A לבין העדשה B, כדי לקבל דמות ברורה וחדה של חוט הלהט על מסך הנמצא במרחק 60 cm מהעדשה B? (16 נקודות)

ב. מכוונים את הפנס כך שהמרחק בין חוט הלהט לעדשה הוא המרחק שמצאת בסעיף א. מציבים מראה מישורית קטנה על הציר האופטי של העדשה במרחק 30 cm ממנה (נקודה C) ובזווית בת 45° עם הציר (ראה תרשים ב).

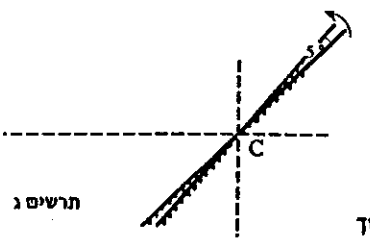


תרשים ב

(1) העתק את תרשים ב למחברת, וסמן בו את המקום, שיש להציב בו מסך, כדי לקבל עליו דמות חדה, הנוצרת כתוצאה מהחזרת האלומה של הפנס על־ידי המראה. (12 נקודות)

(2) מהו מרחק המסך הזה מן המראה? (12 נקודות)

ג. המראה מסתובבת ב־ 5° סביב נקודת החיתוך שלה עם הציר (ראה תרשים ג), כך שבמצבה הסופי היא יוצרת עם הציר האופטי זווית בת 50°.

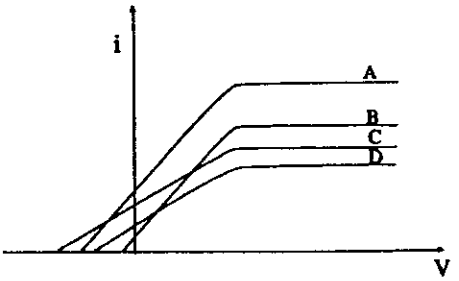


תרשים ג

בכמה ס"מ תזוז דמות חוט הלהט על המסך המוצב במרחק שמצאת בסעיף ב (2)? סרטט. (10 נקודות)

פרק שני - פיסיקה מודרנית

13. התרשים שלפניך מתאר תוצאות ניסויים, שבוצעו עם שפופרת פוטואלקטרית מסוימת.



א. סרטט מעגל חשמלי, שבאמצעותו ניתן לקבל את התוצאות המתוארות בתרשים. (10 נקודות)

ב. איזה מבין העקומים מתאים לקרינה בעלת:

(1) אורך גל מקסימלי: נמק. (5 נקודות)

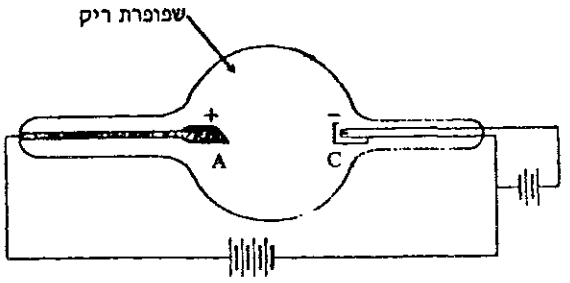
(2) תדירות מקסימלית: נמק. (5 נקודות)

ג. כאשר $V = 0$, הזרם אינו מתאפס. הסבר מדוע. (10 נקודות)

ד. בכל אחד מהעקומים, מעבר לערך מסוים של המתח, אין עלייה בזרם עם הגדלת המתח. הסבר מדוע. (10 נקודות)

ה. חוזרים על הניסוי שתוצאותיו מתוארות בעקום B , אך עם שפופרת בעלת משטח פולט אחר. האם ייתכן שכלל לא יהיה זרם פוטואלקטרי במהלך הניסוי? אם כן - מה התנאי לכך? אם לא - האם יתקבל אותו עקום? הסבר. (10 נקודות)

14. בתרשים א מתוארת שפופרת ליצירת קרני X .



תרשים א

מאיצים אלקטרונים בשפופרת, במתח של 40,000 V . העקום בתרשים ב מתאר את העוצמה היחסית של הקרינה הנפלטת, כפונקציה של אורך הגל.

תרשים ב

א. (1) מדוע יש צורך לרוקן את השפופרת מאווירז (5 נקודות)

(2) מאיזה חלק בשפופרת נפלטת הקרינהז (5 נקודות)

(3) מדוע יש צורך לקרר את המטרה (אנטיקתודה)ז (5 נקודות)

ב. (1) מה הגורם להיווצרות קרינה בשפופרת זוז <u>הסבר</u>. (8 נקודות)

(2) מדוע הקרינה נפלטת <u>ברצף</u> של אורכי גלז (7 נקודות)

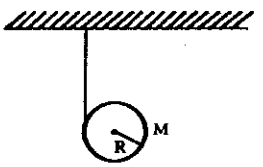
ג. (1) מדוע קיים אורך גל קצר ביותר בקרינה הנפלטת מהשפופרתז (8 נקודות)

(2) חשב את אורך הגל הקצר ביותר המתקבל. (7 נקודות)

ד. העתק למחברתך את תרשים ב, והוסף בו סרטוט מקורב של העקום שהיה מתקבל, אילו המתח בשפופרת היה 30,000 V , כך שיבלטו ההבדלים בין שני העקומים. (5 נקודות)

פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

15. סביב דיסקה עגולה, שמסתה M ורדיוסה R , כרוך חוט דק שמסתו זניחה, וקצהו האחד קשור לתקרה (ראה תרשים). ברגע מסוים משחררים את הדיסקה ממצב מנוחה (כשחלק החוט שאינו כרוך סביב הדיסקה מוחזק במצב אנכי).



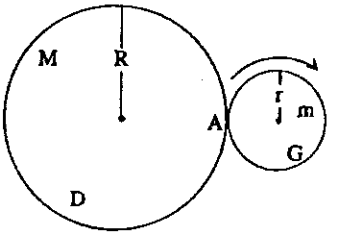
א. מהי תאוצת מרכז המסה של הדיסקהז (20 נקודות)

ב. מהי המתיחות בחוטז (10 נקודות)

ג. בטא את מהירות מרכז המסה, v_{cm} , כפונקציה של המרחק האנכי h שעברה הדיסקה. (10 נקודות)

ד. המרחק האנכי המרבי שעברה הדיסקה הוא H. מהו הזמן הדרוש לדיסקה כדי לעבור מרחק זה? (בטא את תשובתך בעזרת R , M ו H.) (10 נקודות)

16. דיסקה קטנה G , שמסתה m ורדיוסה r , משיקה בנקודה A לדיסקה גדולה יותר D , שמסתה M ורדיוסה R (ראה תרשים). שתי הדיסקות נמצאות במישור אופקי, וכשהן סובבות - אין החלקה בנקודה A .



מפעילים מנוע חשמלי המסובב את הדיסקה הקטנה G במגמת השעון, בתאוצה זוויתית קבועה α . המנוע פועל t שניות.

בטא באמצעות $m , M , r , R , t , \alpha$ את הגדלים הבאים:

א. מהירות זוויתית ω של הדיסקה D . (13 נקודות)

ב. תאוצה קווית של נקודה הנמצאת על היקף הדיסקה D . (13 נקודות)

ג. מומנט סיבוב הפועל על הדיסקה D , יחסית לציר של דיסקה זו. (13 נקודות)

ד. מומנט סיבוב שמפעיל המנוע על הדיסקה G. (11 נקודות)

פרק רביעי - זרם חילופין

הערה: המתחים והזרמים נתונים בערכים אפקטיביים.

17. סליל וקבל מחוברים בטור למקור מתח חילופין שתדירותו 50 Hz . המתח על הדקי המקור הוא 10 V , המתח על הקבל הוא 10 V , וגם המתח על הסליל הוא 10 V . מד־זרם מראה כי הזרם במעגל הוא 0.2 A .

א. חשב את קיבול הקבל. (10 נקודות)

ב. חשב את:

(1) השראות הסליל. (8 נקודות)

(2) התנגדות הסליל. (7 נקודות)

ג. מצא את הפרש המופע בין הזרם למתח המקור. (15 נקודות)

ד. סרטט דיאגרמה וקטורית של המעגל, והסבר בעזרתה את תשובותיך לסעיפים ב ו ג. (10 נקודות)

הערה: ניתן למצוא את התשובות ל ב ול ג מן הסרטוט, ומותר לך להסתפק בזה.

פרק שישי - תרמודינמיקה

21. לכמות מסוימת של גז אידיאלי דו־אטומי נפח של 4 ליטר בלחץ של 1 אטמוספירה ובטמפרטורה של 300 K . מבצעים בגז את התהליכים הבאים, לפי הסדר מ 1 עד 3 :

1. דוחסים את הגז דחיסה אדיאבטית עד שנפחו מגיע ל 1 ליטר , ולחצו מגיע ל p_1 .
2. מקררים את הגז, בנפח קבוע, עד שהטמפרטורה שלו מגיעה ל 300 K והלחץ הוא p_2 .
3. נותנים לגז להתפשט התפשטות איזותרמית ולחזור לנפחו ההתחלתי.

א. מצא את p_1 ואת p_2 . (10 נקודות)

ב. תאר את התהליכים 1־3 בדיאגרמת p,V . (15 נקודות)

ג. (1) מה בדיאגרמת p,V מייצג את העבודה הכוללת שבוצעה על הגז (או שבוצעה על־ידי הגז) בתהליך הכולל? (10 נקודות)

(2) מצא את העבודה הכוללת שבוצעה על הגז (או שבוצעה על־ידי הגז) כתוצאה מביצוע התהליך הכולל. (15 נקודות)

22. א. הסבר את פעולתו של מקרר אידיאלי ("מקרר קרנו"). (5 נקודות)

ב. במה תלוי "מקדם הפעולה" של המקרר (היחס בין כמות החום הנקלטת מן המְקָל הקר לבין העבודה שהושקעה)? נמק. (15 נקודות)

ג. (1) תא הקפאה במקרר ביתי פועל בין טמפרטורה נמוכה של $-18^{\circ}C$ לטמפרטורה גבוהה של $30^{\circ}C$. מהו מקדם הפעולה המרבי של תא ההקפאה? (10 נקודות)

(2) בהנחה שהמקרר פועל עם מקדם הפעולה שמצאת ב (1) , מהי האנרגיה החשמלית הדרושה כדי להקפיא 500 גרם מים המצויים ב $0^{\circ}C$? (10 נקודות)
(הנח שחום ההקפאה של מים הוא 340 קילוגיול לקילוגרם)

(3) האם כמות האנרגיה החשמלית הדרושה במציאות לביצוע ההקפאה גבוהה או נמוכה מזו שחישבת ב (2)? הסבר. (10 נקודות)

פרק שביעי - תורת היחסות הפרטית

23. א. מה הן שתי ההנחות הפיסיקליות, שעליהן מבוססת תורת היחסות הפרטית? נסח והסבר הנחות אלה. (25 נקודות)

ב. חלקיק K^0 נמצא במנוחה במעבדה A, הנעה במהירות $v = 0.9\,c$ ביחס למעבדה אחרת B. ברגע מסוים מתפרק החלקיק K^0 לשני חלקיקים שווי מסה π^+ ו π^-, וכל אחד משני חלקיקים אלה נע במהירות $v' = 0.85\,c$ ביחס למעבדה A.

מה הן המהירויות, המרבית והמזערית, שיכולות להיות לחלקיקים π^+ ו π^- ביחס למעבדה B? נמק את תשובתך. (25 נקודות)

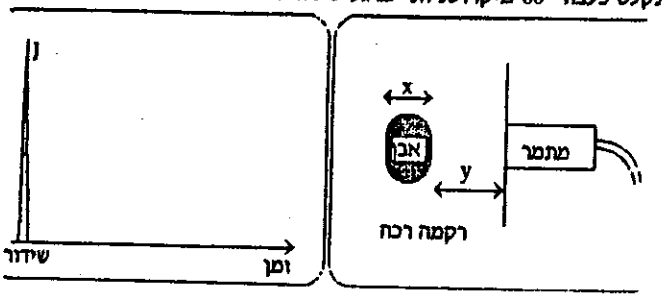
24. אלקטרון נע במהירות $0.5\,c$ לקראת פוזיטרון (אנטי אלקטרון) הנע גם הוא במהירות $0.5\,c$. האלקטרון והפוזיטרון "מתחסלים".

א. הסבר מדוע חייבים להופיע לפחות שני פוטונים כתוצאה מהיעלמות החלקיקים. ציין את כל חוקי השימור המתקיימים בתהליך זה. (25 נקודות)

ב. בהנחה שנוצרו רק שני פוטונים בתהליך זה, מהי האנרגיה של כל פוטון, ומהו אורך הגל שלו? (25 נקודות)

פרק שמיני - אבחון רפואי

25. אות על־קולי שעוצמתו I ותדירותו 1 MHz (ראה תרשים 1) משודר לתוך של רקמה רכה, המתואר בתרשים 2. ההד הראשון נקלט כעבור 60 מיקרושניות מרגע שידור האות, וההד השני נקלט כעבור 80 מיקרושניות מרגע שידור האות.



א. חשב את עובי האבן (x) ואת מרחקה מן המתמר (y). (15 נקודות)

ב. חשב את עוצמתו של ההד הראשון. (10 נקודות)

ג. העתק את תרשים 1 למחברתך, והשלם בו את תמונת ההד. (10 נקודות)

ד. כיצד תשתנה תמונת ההד, אם במקום האבן יש "כיס" של מים? סרטט והסבר. (15 נקודות)

26. בבדיקת איבר מסוים מחדירים לגוף עוקב המסומן ב ^{99}Tc , שפעילותו הכוללת בזמן ההחדרה היא A_0. מניסיון ידוע, שכעבור שעה מרגע ההחדרה, 50% מן העוקב המוחדר מרוכזים באיבר הנבדק.

א. חשב את פעילות העוקב באיבר הנבדק כעבור שעה מרגע ההחדרה. (10 נקודות)

ב. משך מחצית החיים הביולוגי של העוקב בגוף הוא 8 שעות. חשב את משך מחצית החיים השקול. (15 נקודות)

ג. חשב את הפעילות של העוקב כעבור 24 שעות מרגע ההחדרה. (10 נקודות)

ד. איזה מבין שני סוגי הקרינה הבאים חדיר טוב יותר דרך רקמה רכה:

קרינת X המופקת משפופרת רנטגן שמופעלת במתח של 150 kV , או קרינת γ הנפלטת מ ^{57}Co ? נמק. (15 נקודות)

פרק תשיעי - אסטרופיסיקה

27. א. כוכב A נראה בצבע כחול לבן, וכוכב B נראה בצבע אדום. הנח כי שטחי הפנים של שני הכוכבים שווים, וכי מבחינת קרינה הם נוהגים כגופים שחורים.

(1) פניו של איזה משני הכוכבים הם בעלי טמפרטורה גבוהה יותר? נמק. (10 נקודות)

(2) הבהירות (הספק הקרינה הכולל) של איזה משני הכוכבים גדולה יותר? נמק. (10 נקודות)

ב. ענק אדום פולט את מקסימום צפיפות הספק הקרינה שלו באורך גל $\lambda_{max} = 7000Å$. השמש פולטת את מקסימום צפיפות הספק הקרינה שלה באורך גל $\lambda'_{max} = 5000Å$.

(1) חשב את הטמפרטורה של פני השמש. (8 נקודות)

(2) חשב את הבהירות (הספק הקרינה הכולל) של השמש. (8 נקודות)

(3) ידוע כי בהירותו של ענק אדום גדולה פי 10^5 מבהירות השמש. חשב את רדיוסו של הענק האדום. (14 נקודות)

28. א. מהי תיאוריית "המפץ הגדול"? ציין שתי עובדות תצפיתיות, התומכות בתיאוריית המפץ הגדול. (13 נקודות)

ב. כיצד ניתן להעריך את הזמן T , שעבר מאז המפץ הגדול? הסבר. (12 נקודות)

ג. מקובל לטעון, שיקום, שצפיפותו הממוצעת קטנה מצפיפות מסוימת הנקראת "הצפיפות הקריטית ρ_c " , יתפשט לעד. הסבר טענה זו. (13 נקודות)

ד. פִּתַח נוסחה, המאפשרת להעריך את הצפיפות הקריטית ρ_c של היקום. (התבסס על שימור האנרגיה המכנית ועל קבוע הבל H .) (12 נקודות)

פיסיקה מעבדת חקר

תנודות פס מתכת

לרשותך עומד, לצורך ניסוי זה, הציוד הבא:

פס אלומיניום שיש בו 7 נקבים;

מסמר;

פקק שעם;

שני סרגלים שאורך כל אחד מהם 30 ס"מ;

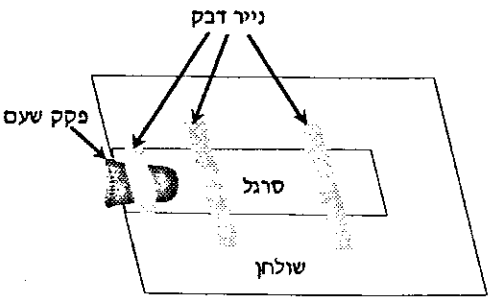
שעון עצר;

נייר דבק.

חלק ראשון - בניית המערכת הניסויית (10 נקודות)

א. הצמד, באמצעות נייר דבק, את פקק השעם אל קצה אחד הסרגלים, כמתואר בתרשים א.

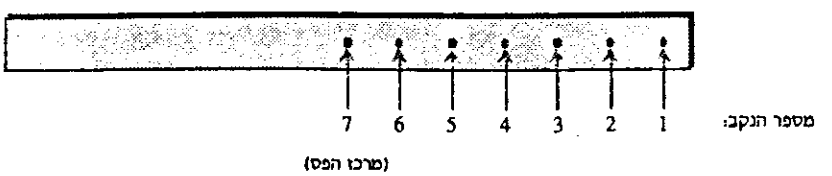
ב. הצמד, באמצעות נייר דבק, את הסרגל אל השולחן, כך שהפקק יבלוט מעבר לשפת השולחן (ראה תרשים א).



תרשים א

חלק שני - ביצוע הניסוי (40 נקודות)

לכל נקב בפס האלומיניום ניתן מספר סידורי, כמתואר בתרשים ב.

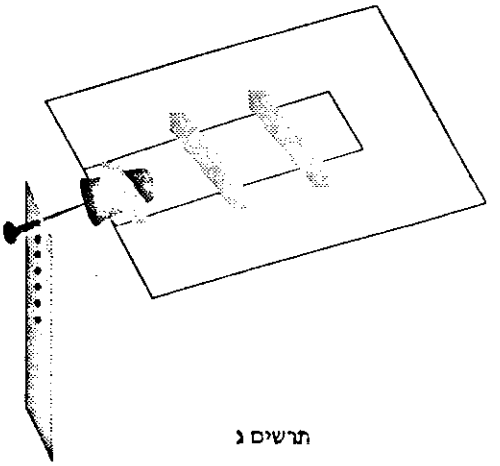


תרשים ב

1. לגבי כל אחד מהנקבים 1 - 6 :

א. מדוד את המרחק ℓ מהנקב אל מרכז הפס (נקב מספר 7) ורשום את תוצאות המדידה בטור שכותרתו ℓ , בטבלה בעמוד 5.

ב. העבר את המסמר דרך הנקב, ונעץ אותו בפקק השעם, כך שהמסמר יהיה אופקי ופס האלומיניום יוכל להתנודד באופן חופשי סביב המסמר המשמש ציר סיבוב (ראה תרשים ג, המתאר מצב זה ביחס לנקב מספר 1).



תרשים ג

ג. הסט את פס האלומיניום ממצב שיווי-משקל והרפה ממנו, כך שהוא יתנודד סביב המסמר, המשמש ציר סיבוב, כשהתנודות הן במישור המאונך למסמר, ומדוד את זמן מחזור התנודות T . תכנן את המדידות כך שתקבל דיוק גבוה בתוצאת המדידה של T. העמודה בטבלה שאין לה כותרת, נועדה לרישום מדידות ביניים לפני מציאת זמן המחזור. בעמודה זו רשום את המדלים שקיבלת במדידות הביניים. רשום כותרת מתאימה, וציין יחידות.

ד. רשום את זמני המחזור בטבלה בעמודת שכותרתה T.

מספר הנקב	ℓ יחידות:		T יחידות:	ℓ^2 יחידות:	$T^2\ell$ יחידות:
1					
2					
3					
4					
5					
6					

2. הסבר כיצד ביצעת את המדידות של זמן המחזור, על-מנת להגדיל את הדיוק במדידה של זמן המחזור T.

_____

_____

_____

3. x - רוחב פס האלומיניום ; y - אורך פס האלומיניום

מדוד את הערכים x ו y , ורשום את תוצאות המדידות (כולל יחידות):

x = _____

y = _____

חלק שלישי - ניתוח, מסקנות ושאלות (50 נקודות)

4. סרטט, על גבי הנייר המילימטרי שלפניך, גרף של זמן המחזור T כפונקציה של ℓ .

הערך מתוך הגרף את האורך ℓ , שעבורו זמן המחזור T הוא מינימלי. _____

מן התיאוריה ניתן להוכיח את הקשר $T = 2\pi\sqrt{\frac{k^2+\ell^2}{\ell g}}$ (1)

כאשר: g - תאוצת הנפילה החופשית

ℓ - המרחק מציר הסיבוב למרכז המסה של הפס (מרכז הפס)

T - זמן מחזור התנודות

k - קבוע הפס הניתן על-ידי: $k = \sqrt{\frac{x^2+y^2}{12}}$ (2)

(x רוחב הפס, y אורך הפס)

5. חשב ורשום בטבלה את ערכיהם של ℓ^2 ושל $T^2\ell$, וסרטט, על-גבי הנייר המילימטרי שלפניך, גרף של $T^2\ell$ כפונקציה של ℓ^2 .

6. מצא מתוך הגרף, באמצעות נוסחה (1) , את תאוצת הנפילה החופשית g . (הסבר כיצד קבעת את g , הצג את החישובים ורשום את ערכו המחושב של g , כולל יחידות.)

_____

_____

7. מצא מתוך הגרף, באמצעות נוסחה (1), את קבוע הפס k. (הסבר כיצד קבעת את k, הצג את החישובים ורשום את ערכו המחושב של k, כולל יחידות.)

8. חשב את ערכו של k בעזרת נוסחה (2).

9. השווה בין ערכו של k, שהתקבל מתוך הגרף (סעיף 7), לבין ערכו של k, שהתקבל מנוסחה (2) (סעיף 8). הבע דעתך ביחס למידת הדיוק של התוצאות.

10. אילו ביצעת את הניסוי עם פס נחושת שממדיו זהים לממדי פס האלומיניום, האם תוצאות הניסוי היו שונות? נמק.

תשובות סופיות - 1992

1. ב. $X = 15\ m$ ג. $h = 5\ m$

ד. $N_B = N_D = 50\ kg$; $N_C = 35\ kg$; $N_E = 40\ kg$; $N_G = 53.33\ kg$

2. א. אותה נקודה. ב. $X = 2.5\ m$ ג. $v = 3.75\ \frac{m}{sec}$ $\alpha = 36^0 52'$

3. א. להגדלת הדיוק. ד. $K = 39.48\ \frac{N}{m}$

4. א. $r = \frac{K \cdot L}{K - 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot m}$ ג. $f = 0.712\ Hz$

5. א. (1) האנרגיה הקינטית גדלה (2) האנרגיה הכללית קטנה

ב. (1) $F_K = 50\ N$ (2) $F_K = 0$ ג. 24 שעות

6. א. השדה החשמלי והפוטנציאל לא ישתנו.
ב. השדה החשמלי לא ישתנה. הפטנציאל ישתנה.
ג. השדה החשמלי שווה לאפס.

7. ב. $R = 22\ \Omega$ ג. $R_V = 99\ \Omega$ ד. כן ה. לא

8. א. $R = 5000\ \Omega$; $C = 0.01\ F$; $Q_0 = 0.1\ C$

9. א. שליליים ב. מ- N ל- M ג. $\overline{OK} = \frac{2 \cdot m \cdot E}{q \cdot B^2}$

10. א. מ- L ל- K ב. ימינה $F = \frac{B \cdot \epsilon \cdot d}{R}$

11. א. $w = 0.2\ mm$ ב. $\Delta X = 0.7\ mm$

12. א. $u = 20\ cm$ ב. $X = 30\ cm$ ג. $\overline{DE} = 5.29\ cm$

13. ב. (1) B (2) C

14. ג. $\lambda = 0.31\ \text{Å}$

.15 א. $a = 6.67 \frac{m}{sec^2}$ ב. $T = 3.33 \cdot M$ ג. $v_t = 3.65 \cdot \sqrt{h}$

ד. $X = 0.547 \cdot \sqrt{H}$

.16 א. $\omega_D = \frac{\alpha \cdot t \cdot r}{R}$ ב. $a_D = \alpha \cdot r$ ג. $M_D = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R \cdot r \cdot \alpha$

ד. $M_G = \frac{1}{2} \cdot (M \cdot R + m \cdot r) \cdot r \cdot \alpha$

.17 א. $C = 6.37 \cdot 10^{-5}\ F$ ב. $R = 43.3\ \Omega$; $L = 0.0796\ H$

ג. $\phi = -30^0$

.19 א. $P_1 = 96\ cm\ Hg$ ב. $V = \frac{768}{76 + 20 \cdot \sin(\alpha)}\ cm^3$

.20 א. $P = P + \frac{mg}{A}$ ב. $h_2 = h_1 \cdot \frac{P_a}{P_a + \frac{mg}{A}}$ ג. $m = 1000 \cdot A \cdot h_1 - M$

.21 א. $P_1 = 6.96\ at$; $P_2 = 4\ at$ ג. $W = -185.5\ J$

.22 ג. $(1)\ \eta = \frac{Q_1}{W} = 5.3 \quad (2)\ W = 3.2 \cdot 10^4\ J$

.23 ב. $v_{max} = 0.9915 \cdot c$; $v_{min} = 0.213 \cdot c$

.24 ב. $\lambda = 0.021\ \text{Å}$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. בחלק הראשון עולה המעלית בתאוצה קבועה.
בחלק השני עולה המעלית במהירות קבועה.
בחלק השלישי המעלית עולה בתאוטה קבועה (המהירות עדיין חיובית).
בחלק הרביעי המעלית עומדת במקום (המהירות אפס).
בחלק החמישי המעלית יורדת בתנועה שוות תאוצה (המהירות גדלה בערכה המוחלט).
בחלק השישי המעלית יורדת בתנועה שוות מהירות.
בחלק השביעי המעלית יורדת בתנועה שוות תאוטה (המהירות קטנה בערכה המוחלט).

ב. הגובה המכסימלי הוא בסוף הקטע השלישי כאשר המהירות מתאפסת.
נמצא את הגובה של שלושת השלבים:

$$X_1 = X_A + X_B + X_C = \frac{0+3}{2}\cdot 3 + 3\cdot 3 + \frac{3+0}{2}\cdot 1 = 15\ \text{m}$$

ג. בקטע הירידה המעלית יורדת:

$$X_2 = X_E + X_F + X_G = \frac{0+2}{2}\cdot 1 + 2\cdot 3 + \frac{2+0}{2}\cdot 3 = 10\ \text{m}$$

$$h = X_1 - X_2 = 15 - 10 = 5\ \text{m}$$

כך שהמעלית נמצאת 5 m מעל הקרקע.

ד. נמצא את התאוצה בכל אחד מהשלבים בעזרת הנוסחה: $a = \frac{v_t - v_0}{t}$

לכל אחד משלבי התנועה נבחר את הכיוון מעלה כחיובי:

$$a_A = \frac{3-0}{3} = 1\ \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\ ;\ a_B = 0\ ;\ a_C = \frac{0-3}{1} = -3\ \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\ ;\ a_D = 0$$

$$a_E = \frac{-2-0}{1} = -2\ \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}\ ;\ a_F = 0\ ;\ a_G = \frac{0-(-2)}{3} = 0.667\ \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

שקול הכוחות לגבי שק המלט הוא: $N - mg = ma$

ומכאן: $N = m\cdot(a+g)$

אם במצב A הראו המאזניים 55 kg שהם 550 N הרי שהמסה היא:

$$m = \frac{N}{a+g} = \frac{550}{1+11} = 50\ \text{kg}$$

המאזניים מראים בכל אחד מהשלבים הבאים:

$N_B = N_D = N_F = mg = 50 \cdot 10 = 500\ N = 50\ kg$

$N_C = 50 \cdot (-3 + 10) = 350\ N = 35\ kg$

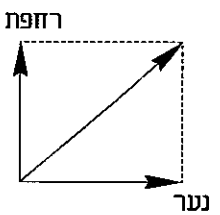
$N_E = 50 \cdot (-2 + 10) = 400\ N = 40\ kg$

$N_G = 50 \cdot (0.667 + 10) = 533.3\ N = 53.33\ kg$

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. הכדור ינחת על הרחפת בדיוק בנקודה בה הוא יצא כי הרכיב האופקי של מהירות הכדור זהה למהירות הרחפת.

ב. מהירות הנער היא שקול המהירויות של הרחפת ושל מהירות קפיצתו ביחס לרחפת.



$$v = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\ \frac{m}{sec}$$

זמן התנועה נקבע על פי ציר ה- Y שבו אין לנער מהירות התחלתית:

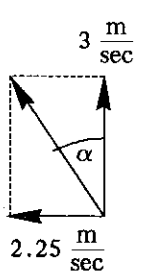
$$y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2 \cdot y}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1.25}{10}} = 0.5\ sec$$

המרחק האופקי הוא: $X = v \cdot t = 5 \cdot .5 = 2.5\ m$

ג. הקפיצה לא שינתה את התנע הכללי של המערכת שעדיין צריך להיות בכיוון תנועתה המקורית של הרחפת.

נסמן את מהירות הנער ב- v ואת מסתו ב- m, את מהירות הרחפת בכיוון זה ב- U ואת מסתה ב- M.
שימור התנע בכיוון מאונך לכיוון התנועה המקורי הוא:

$$0 = m \cdot v + M \cdot U \implies U = -v \cdot \frac{m}{M} = -4 \cdot \frac{45}{80} = 2.25\ \frac{m}{sec}$$



הרחפת מקבלת בנוסף למהירות של $3\ \frac{m}{sec}$,

גם מהירות מאונכת לה של $2.25\ \frac{m}{sec}$ כך

שכיוון התנועה עכשיו הוא:

$$tg(\alpha) = \frac{2.25}{3} = 0.75 \implies \alpha = 36^o52'$$

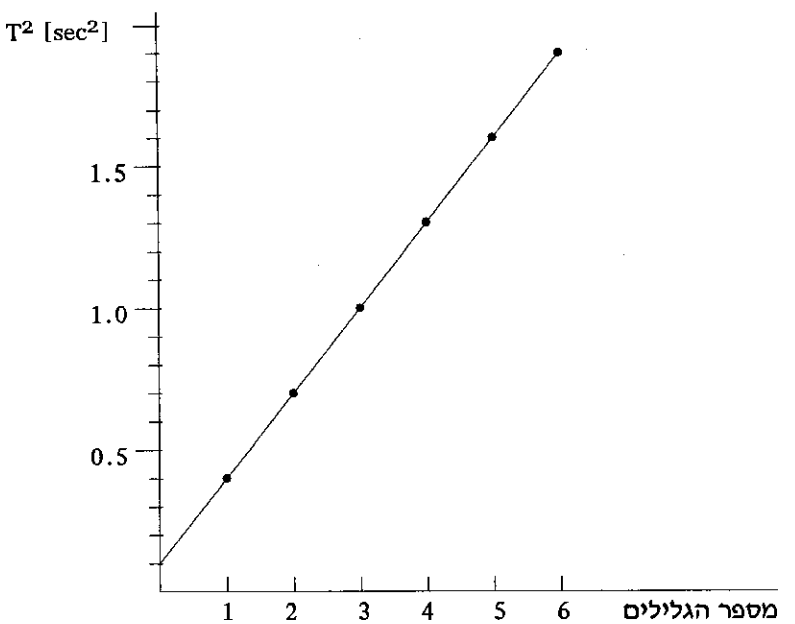
גודל המהירות הוא: $v = \sqrt{3^2 + 2.25^2} = 3.75\ \frac{m}{sec}$

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. שגיאת המדידה היא שגיאת המכשיר, וכאשר מודדים מספר רב של מחזורים מתחלקת השגיאה על כל המחזורים והשגיאה הסופית של מדידת מחזור אחד קטנה.

ב.

מספר הגלילים	1	2	3	4	5	6
T בשניות	0.63	0.84	1.01	1.13	1.26	1.38
T^2	0.40	0.71	1.02	1.28	1.59	1.90



ג. הגרף לא עובר דרך ראשית הצירים.
הסיבה נעוצה במסת הסל עצמו M שלא נלקח בחשבון המסה הכללית.

נוסחת זמן המחזור היא: $T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m}{K}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{n\cdot m + M}{K}}$

$$T^2 = \frac{4\cdot\pi^2\cdot n\cdot m}{K} + \frac{4\cdot\pi^2\cdot M}{K}$$

האיבר השני בביטוי הוא קבוע והוא נקודת החיתוך עם ציר ה- Y.

נקודת החיתוך עם ציר ה- X היא כאשר $T^2 = 0$

$$\frac{4\cdot\pi^2\cdot n\cdot m}{K} = -\frac{4\cdot\pi^2\cdot M}{K} \Longrightarrow n = -\frac{M}{m}$$

הערך המוחלט של נקודת החיתוך הוא היחס של מסת הסל לעומת מסת כל גליל.

ד. שיפוע הגרף (המקדם של n בביטוי של T^2) הוא: $a = \frac{4\cdot\pi^2\cdot m}{K}$

ומכיוון שמסת כל גליל ידועה: $K = \frac{4\cdot\pi^2\cdot m}{a} = \frac{4\cdot\pi^2\cdot 0.3}{a}$

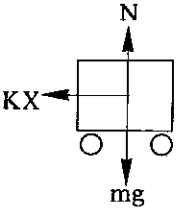
את שיפוע הגרף נישב בעזרת שתי נקודות. נבחר בשתי הנקודות הקיצוניות:

$$a = \frac{\Delta(T^2)}{\Delta n} = \frac{1.9 - 0.4}{6 - 1} = 0.3\ \frac{sec^2}{n}$$

$$K = \frac{4\cdot\pi^2\cdot 0.3}{0.3} = 39.48\ \frac{N}{m}$$

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. התנועה היא תנועה מעגלית כך שהכח השקול שווה לכח הצנטריפטלי:



$$\Sigma F_X = = m\cdot\omega^2 R$$
$$K\cdot X = m\cdot(2\cdot\pi\cdot f)^2\cdot r$$

המתיחות בקפיץ היא ההפרש בין האורך r לבין האורך ההתחלתי L: $X = r - L$

$$K\cdot(r - L) = m\cdot 4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot r$$

$$r = \frac{K\cdot L}{K - 4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot m}$$

ב. המכנה חייב להיות חיובי כי אין משמעות לרדיוס סיבוב שלילי. התנאי לכך הוא: $K > 4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot m$

ג. העגלה תיפול כשרדיוס הסיבוב יהיה 1.25 m . נבודד את התדירות:

$$f = \sqrt{\frac{K\cdot(r - L)}{4\cdot\pi^2\cdot r\cdot m}} = \sqrt{\frac{60\cdot(1.25 - 0.25)}{4\cdot\pi^2\cdot 1.25\cdot 2.4}} = 0.712\ Hz$$

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. (1) הלווין נע בתנועה מעגלית. $\frac{G\cdot M\cdot m}{R^2} = m\cdot\frac{v^2}{R} \Longrightarrow v = \sqrt{\frac{G\cdot M}{R}}$

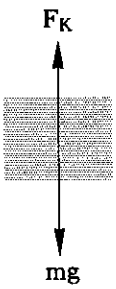
ככל שרדיוס הסיבוב קטן יותר מהירות הסיבוב גדולה יותר ולכן גם האנרגיה הקינטית גדולה יותר.

(2) האנרגיה הכוללת של לווין היא: $E = \frac{-G\cdot M\cdot m}{2\cdot R}$

ככל שרדיוס הסיבוב קטן יותר האנרגיה הכללית שלילית יותר, היינו קטנה יותר.

ב. שקול הכוחות על המסה הוא:

$$F_K - mg = ma$$



על פני הקרקע התאוצה היא אפס ולכן:

$$mg = F_K \Longrightarrow m = \frac{F_K}{g} = \frac{10}{10} = 1\ kg$$

(1) כשהטיל מאיץ:

$$F_K = m\cdot(g+a) = 1\cdot(10+40) = 50\ N$$

(2) כשהלווין נע במסלול מעגלי תאוצת המסה הקשורה בקפיץ שווה לתאוצת הכובד וכיוונה כלפי מטה, כך שהמאזניים יראו אפס:

$$F_K = m\cdot(g+a) = 1\cdot(10-10) = 0$$

(זהו המצב הנקרא "חוסר משקל" יש למסה משקל אבל בגלל שתאוצתה זהה לתאוצת המערכת התאוצה היחסית ביניהן היא אפס.)

ג. לאחר 24 שעות יעבור הלויין מעל נקודת התצפית כי לאחר 12 שעות, כשהלווין ביצע סיבוב שלם התקדם כדור הארץ בחצי סיבוב. רק לאחר עוד 12 שעות כשהלווין ישלים שני סיבובים וכדור הארץ סיבוב אחד יעבור הלווין מעל הנקודה.

פיתרון מספר 6 - חשמל

א. כתוצאה מהוספת הקליפה הכדורית יווצר מטען מושרה חיובי q על השפה החיצונית של הקליפה ומטען מושרה שלילי q- על השפה הפנימית של הקליפה. סך כל המטען המושרה הוא אפס.

מבחינת הנקודה A כל המטען מרוכז בנקודה O כך שגם השדה החשמלי וגם הפוטנציאל החשמלי לא ישתנו עקב הוספת הקליפה.

ב. (1) השדה החשמלי שיוצרים המטענים המושרים הוא אפס כי השדה החשמלי בתוך מוליך שווה לאפס. השדה החשמלי לא ישתנה.

(2) הפוטנציאל החשמלי בתוך מוליך שווה לפוטנציאל על השפה.

כתוצאה מהכנסת הקליפה נוצר פוטנציאל מהשפה החיצונית: $V_2 = \frac{K \cdot q}{R_2}$

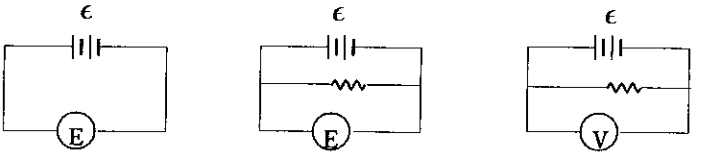
ובשפה הפנימית: $V_1 = \frac{K \cdot (-q)}{R_1}$ כך שבנקודה B נוסף פוטנציאל של:

$$V = V_1 + V_2 = \frac{K \cdot q}{R_2} - \frac{K \cdot q}{R_1}$$

ג. כתוצאה מהארקת הקליפה, הפוטנציאל הכללי עליה שווה לאפס. הדבר מתרחש על ידי איפוס המטען החיובי על הדופן החיצונית של הקליפה. המטען הכללי הנמצא עכשיו השווה לאפס כי המטען המושרה $(-q)$ מבטל את המטען q. השדה החשמלי בנקודה A שווה עכשיו לאפס.

פיתרון מספר 7 - חשמל

א.



(I) (II) (III)

(2) במקרה השני המתח הנמדד הוא מתח ההדקים שבגלל ההתנגדות הפנימית נמוך מן הכ.א.מ.

(3) ככל שהזרם במעגל גדול יותר מתח ההדקים קטן יותר. חיבור הוולטמטר גורם לזרימת זרם נוספת דרכו ולכן להגדלת הזרם הכללי.

ב. המשוואה המקשרת את מתח ההדקים והכ.א.מ. היא:

$$V = \epsilon - I \cdot r$$

הזרם הוא: $I = \frac{\epsilon}{R + r}$

לכן: $V = \epsilon - \left(\frac{\epsilon}{R + r}\right) \cdot r = \frac{\epsilon \cdot R}{R + r}$

במקרה הראשון אין זרם ולכן אפשר למצוא מיד את הכ.א.מ.:

$$V = \epsilon = 24\ V$$

במקרה השני, לאחר שנבודד את R: $R = \frac{V \cdot r}{\epsilon - V} = \frac{22 \cdot 2}{24 - 22} = 22\ \Omega$

ג. במקרה השלישי: $R = \frac{V \cdot r}{\epsilon - V} = \frac{21.6 \cdot 2}{24 - 21.6} = 18\ \Omega$

ההתנגדות השקולה במקרה זה היא 18 Ω והיא תוצאה של חיבור במקביל של הנגד שהתנגדותו 22 Ω והוולטמטר:

$$18 = \frac{22 \cdot R_V}{22 + R_V} \Longrightarrow R_V = 99\ \Omega$$

ד. כן. אם התנגדות הוולטמטר היתה גדולה יותר והזרם בו היה קטן יותר היה המתח שמודד הוולטמטר גדול יותר. המכסימום הוא 22 V שאז התנגדות הוולטמטר היא אינסופית.

ה. לא. המכסימום הוא 22 V.

פיתרון מספר 8 - חשמל

א. נמצא קודם כל את קבוע הזמן τ של הפריקה.

נוסחת הזרם היא: $I = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

לאחר זמן של $t = R \cdot C$ הביטוי הוא: $I = I_0 \cdot e^{-1} = 0.37 \cdot I_0$

קבוע הזמן מוגדר כזמן עד לירידת הזרם ב- 63%: $\tau = R \cdot C$

לפי הגרף הזרם המכסימלי הוא 2.0 mA כך ש- 37% ממנו הוא:
$0.37 \cdot 2 = 0.74$ mA
זה קורה, שוב לפי הגרף, בערך לאחר 50 sec.
לכן: $\tau = R \cdot C = 50$

את התנגדות הנגד אפשר למצוא מן הערך ההתחלתי:

$$R = \frac{V_0}{I_0} = \frac{10}{2 \cdot 10^{-3}} = 5000\ \Omega$$

ולכן קיבול הקבל הוא: $C = \frac{\tau}{R} = \frac{50}{5000} = 0.01$ F

המטען ההתחלתי על הקבל הוא: $Q = C \cdot V_0 = 0.01 \cdot 10 = 0.1$ C

ב. זהו המטען על אחד מהלוחות. הערך המוחלט של המטען שווה בשני הלוחות ורק הסימן הפוך. הערך שמצאנו הוא המטען העובר דרך הנגד עד לאיפוס המטען על הקבל.

ג. התנגדות גדולה יותר גורמת לשני שינויים בגרף:
הזרם ההתחלתי קטן יותר כי ההתנגדות הכללית גדולה יותר.
זמן ההתפרקות ארוך יותר כי קבוע הזמן גדול יותר.
הגרף יראה לכן:

פיתרון מספר 9 - חשמל

א. לפי כיוון התנועה המעגלית בשדה המגנטי המטענים הם מטענים שליליים, כי כיוון הכח על מטען חיובי הוא שמאלה, ועל מטען שלילי הוא ימינה.

ב. כיוון השדה החשמלי הוא ימינה מ- N ל- M .
הכח המגנטי מפעיל על המטענים השליליים כח ימינה, כך שהשדה החשמלי מפעיל כח שמאלה לביטול הכח המגנטי בין הלוחות.
מכיוון שהכח הפועל על מטענים שליליים בשדה חשמלי הוא בכיוון הפוך לכיוון השדה החשמלי - כיוון השדה החשמלי הוא ימינה מ- N ל- M.

ג. מהירות הכניסה אל המסלול המעגלי היא המהירות המאפשרת תנועה בקו ישר בין השדות החשמלי והמגנטי על ידי ביטול שני הכוחות.

$$q\cdot v\cdot B = q\cdot E \implies v = \frac{E}{B}$$

סיבוב בשדה מגנטי נוצר בגלל שהכח המגנטי הוא הכח הצנטריפטלי:

$$q\cdot v\cdot B = m\cdot\frac{v^2}{R} \implies R = \frac{m\cdot v}{q\cdot B} = \frac{m\cdot E}{q\cdot B^2}$$

המרחק $\overline{OK}$ הוא הקוטר של תנועת המטען, לכן: $\overline{OK} = 2\cdot R = \frac{2\cdot m\cdot E}{q\cdot B^2}$

ד. רדיוס הסיבוב נקבע על פי השדה המגנטי: $R = \frac{m\cdot v}{q\cdot B}$ לכן אם רוצים שרדיוס המסלול יהיה קטן יותר צריך להגדיל את השדה המגנטי.
בו זמנית, כדי שהמטענים ימשיכו לנוע בקו ישר בין הלוחות צריך להגדיל באותו היחס את השדה החשמלי.

פיתרון מספר 10 - חשמל

א. (1) המעגל שלפנינו הוא מעגל טורי פשוט עם נגד אחד R ומקור מתח ϵ כיוון הזרם במעגל הוא מן הצד החיובי של מקור המתח דרך המעגל אל הצד השלילי, היינו מ- L ל- K.

עוצמת הזרם היא:

$$I = \frac{\epsilon}{R}$$

(2) בעקבות הזרם במוט KL נוצר כח מגנטי בכיוון שמאלה ולכן צריך להפעיל כח ימינה שיאזן את הכל המגנטי.

עוצמת הכח המגנטי היא:

$$F = B \cdot I \cdot L = B \cdot \left(\frac{\epsilon}{R}\right) \cdot d$$

וזוהי גם עוצמת הכח שצריך להפעיל כדי לשמור את הגוף בשיווי משקל.

ב. (1) המוט ינוע שמאלה כי כיוון הכח המגנטי הוא שמאלה.
(2) כתוצאה מן התנועה יווצר כ.א.מ. מושרה בכיוון מ- K ל- L, הפוך לכיוון הזרם המקורי ולכן הזרם במעגל יקטן.

ג. כתוצאה התנועת המוט יווצר כ.א.מ. מושרה בכיוון מ- L ל- K, בכיוון זהה לכיוון המתח של מקור המתח ולכן הזרם הכללי במעגל יגדל.

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. נוסחת כתם האור המרכזי בתבנית העקיפה היא:

$$\Delta X = 2 \cdot \frac{\lambda \cdot L}{w}$$

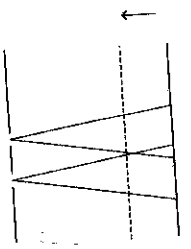
לכן:

$$w = \frac{2 \cdot \lambda \cdot L}{\Delta X} = \frac{2 \cdot 7000 \cdot 10^{-10} \cdot 2}{1.4 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-4}\ m = 0.2\ mm$$

ב. התבנית הנוצרת עכשיו היא תבנית התאבכות בשני סדקים. המרחק בין שני פסי אור בתבנית התאבכות הוא:

$$\Delta X = \frac{\lambda \cdot L}{d} = \frac{7000 \cdot 10^{-10} \cdot 2}{2 \cdot 10^{-3}} = 7 \cdot 10^{-4}\ m = 0.7\ mm$$

ג. מכיוון שעוצמת פסי האור הצדדיים ניתנת להזנחה מדובר בשתי אלומות אור חדות. בשעה שמקרבים את המסך אל האלומות מגיעים לנקודה שבה כבר אין חפיפה בין שתי האלומות ואז אין תבנית התאבכות.



פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

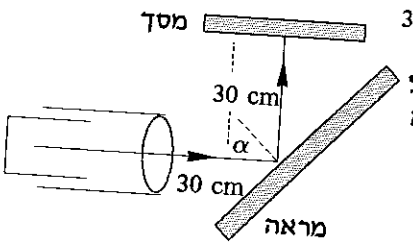
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

א. נשתמש בנוסחת העדשה:

הנתונים הם: $f = 15\ cm\ ;\ v = 60\ cm$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{f} - \frac{1}{v} = \frac{1}{15} - \frac{1}{60} = \frac{4-1}{60} = \frac{1}{20} \Longrightarrow u = 20\ cm$$

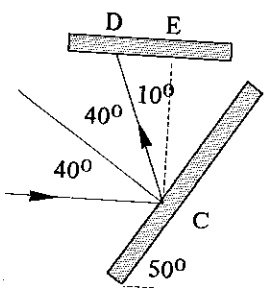
ב. המראה רק מסיטה את כיוון האור מן הכיוון המקורי. הדמות היתה אמורה להיווצר 30 cm אחרי המראה והיא תיווצר 30 cm מעל המראה כי זווית הפגיעה α של האור היא 45° וזווית ההחזרה היא 45° כך שסך כל הזווית היא 90°. המסך הוא לכן במרחק של 30 cm מהמראה.



ג. עקב סיבוב המראה תהיה זווית פגיעה חדשה. זווית הפגיעה היא 40° ומכיוון שזווית ההחזרה שווה לזווית הפגיעה תהיה סטיה של 10° במקום פגיעת האור במסך.

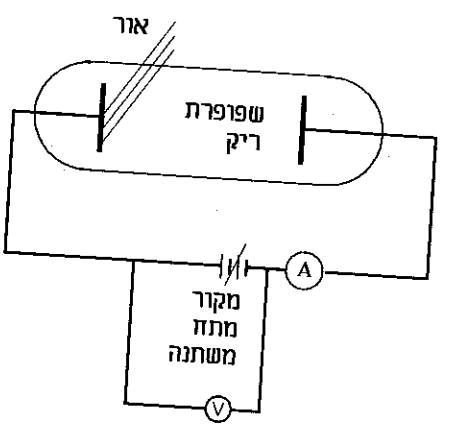
המרחק $\overline{DE}$ הוא:

$$\overline{DE} = 30 \cdot tg(10^o) = 5.29\ cm$$



פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א.



ב. (1) אורך גל מכסימלי הוא של הפוטון עם האנרגיה המינימלית. פוטון זה מקנה לאלקטרון החופשי אנרגיה קינטית מינימלית ולכן מתח העצירה הדרוש לעצור את האלקטרון הוא מינימלי.
הגרף המתאים הוא גרף B.
(2) תדירות מכסימלית היא של הפוטון עם האנרגיה המכסימלית. פוטון זה מקנה לאלקטרון החופשי אנרגיה קינטית מכסימלית ולכן מתח העצירה הדרוש לעצור את האלקטרון הוא מכסימלי.
הגרף המתאים הוא גרף C.

ג. גם כאשר אין מתח המושך את האלקטרונים מגיעים אלקטרונים אל האנודה כי האלקטרונים נפלטים בכל הכיוונים ובחלקם, באופן אקראי, מכוונים אל האנודה.

ד. המתח אינו גורם לפליטת אלקטרונים אלא רק למשיכתם אל האלקטרודה החיובית. בשלב מסוים המתח גדול מספיק כדי למשוך את כל האלקטרונים הנפלטים ולכן אינו יכול לגדול.

ה. יתכן שלא יהיה כלל זרם אם אנרגית הקשר של המשטח הפולט החדש גדולה יותר מן האנרגיה של האור הפוגע ואין שחרור אלקטרונים.

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. (1) אלקטרונים לא יכולים לנוע מרחק רב באויר כי הם מתנגשים במולקולות האויר.
(2) הקרינה נפלטת מן האנודה כי האלקטרונים משוחררים מהקתודה, מואצים לעבר האנודה ובפגיעתם בה גורמים לפליטת הקרינה.
(3) החום הנוצר עקב התנגשות האלקטרונים הוא עצום ובכדי למנוע את היתוך האנודה חייבים לקרר אותה כל הזמן.

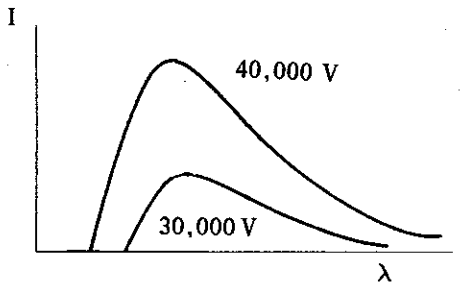
ב. (1) האלקטרונים הפוגעים באנודה מואטים. כל מטען חשמלי המאיץ או מאיט פולט קרינה ולכן נפלטת בזמן ההאטה קרינה.
(2) תהליך ההאטה הוא תהליך רציף של התנגשויות רבות ולא תהליך בדיד של בליעת פוטון.

ג. (1) קיים אורך גל מינימלי כי יש אנרגיה מכסימלית של פוטון היכולה להיווצר והיא האנרגיה המכסימלית של האלקטרון שפגע באנודה.

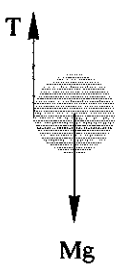
$$\frac{h \cdot c}{\lambda_{min}} = q \cdot V \qquad (2)$$

$$\lambda_{min} = \frac{h \cdot c}{q \cdot V} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 40{,}000} = 3.1 \cdot 10^{-11}\ \text{m} = 0.31\ \text{Å}$$

ד. במתח נמוך יותר העוצמה היחסית נמוכה יותר ואורך הגל המינימלי גדול יותר.



פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח



א. הכוחות הפועלים על הדיסקה הם:

משוואת הכוחות היא: $\Sigma F = ma$

$$(1)\quad Mg - T = Ma$$

משוואת המומנטים היא:

$$\Sigma M = I\cdot\alpha$$

$$T\cdot R = I\cdot\alpha$$

נציב: $\alpha = \frac{a}{R}$; $I = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2$ ונקבל: $T\cdot R = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2\cdot\frac{a}{R}$

$$(2)\quad T = \frac{1}{2}\cdot M\cdot a$$

נציב במשוואה (1) ונקבל: $Mg - \frac{Ma}{2} = Ma$

$$a = \frac{2}{3}\cdot g = 6.67\ \frac{m}{sec^2}$$

ב. $T = \frac{1}{2}\cdot M\cdot a = \frac{1}{2}\cdot M\cdot 6.67 = 3.33\cdot M$

ג. הגוף נע בתנועה שוות תאוצה. נשתמש בנוסחה: $v_t^{\,2} = v_0^{\,2} + 2\cdot a\cdot X$
המהירות ההתחלתית שווה לאפס ולכן:

$$v_t = \sqrt{2\cdot a\cdot h} = \sqrt{2\cdot 6.67\cdot h} = 3.65\cdot\sqrt{h}$$

ד. נשתמש שוב בנוסחת תנועה שוות תאוצה:

$$X = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \underset{(v_0=0)}{\Longrightarrow} t = \sqrt{\frac{2 \cdot X}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot H}{6.67}} = 0.547 \cdot \sqrt{H}$$

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. מכיוון ששתי הדיסקות משיקות זו לזו ואין ביניהן החלקה שווה המהירות המשיקית של שתיהן.

$$v_D = v_G$$

$$\omega_D \cdot R = \omega_G \cdot r$$

הדיסקה G נעה בתנועה שוות תאוצה זוויתית ממהירות זוויתית אפס ולכן:

$$\omega_G = \omega_0 + \alpha \cdot t = \alpha \cdot t$$

נציב ונקבל:

$$\omega_D = \omega_G \cdot \frac{r}{R} = \frac{\alpha \cdot t \cdot r}{R}$$

ב. מכיוון שהמהירות המשיקית שווה בשתי הדיסקות גם התאוצה הקווית שווה ולכן:

$$a_D = a_G = \alpha \cdot r$$

ג. מומנט הסיבוב נתון בנוסחה: $M = I \cdot \alpha$.
התאוצה הזוויתית של הדיסקה D מתקשרת לתאוצה הזוויתית של הדיסקה G דרך שוויון התאוצות הקוויות:

$$a_D = a_G \Longrightarrow \alpha_D \cdot R = \alpha_G \cdot r \Longrightarrow \alpha_D = \alpha \cdot \frac{r}{R}$$

נציב ונקבל:

$$M_D = I_D \cdot \alpha_D = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 \cdot \alpha \cdot \frac{r}{R} = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R \cdot r \cdot \alpha$$

ד. המנוע מסובב בנוסף לדיסקה G גם את הדיסקה D.

$$M_G = I_G \cdot \alpha_G + I_D \cdot \alpha_D = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 \cdot \alpha \cdot \frac{r}{R} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2 \cdot \alpha =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (M \cdot R + m \cdot r) \cdot r \cdot \alpha$$

פיתרון מספר 17 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. נשתמש בנתונים על הקבל: $X_C = \frac{V_C}{I} = \frac{10}{0.2} = 50\ \Omega$

היגב הקבל הוא: $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$

ולכן: $C = \frac{1}{\omega \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 50} = 6.37 \cdot 10^{-5}\ F$

ב. נמצא את העכבה הכללית: $Z = \frac{V}{I} = \frac{10}{0.2} = 50\ \Omega$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$50^2 = R^2 + (X_L - 50)^2$$

$$50^2 = R^2 + X_L^2 + 50^2 - 2 \cdot 50 \cdot X_L$$

$$(1)\quad 100 \cdot X_L = R^2 + X_L^2$$

נמצא את עכבת הסליל:

$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \frac{V}{I} = \frac{10}{0.2} = 50\ \Omega$$

$$(2)\quad 50^2 = R^2 + X_L^2$$

נציב את (2) ב- (1) ונקבל:

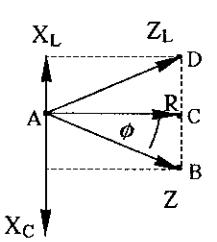
$$100 \cdot X_L = 50^2 \implies X_L = \frac{2500}{100} = 25\ \Omega$$

$$X_L = \omega \cdot L \implies L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{25}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0.0796\ H$$

$$R = \sqrt{50^2 - X_L^2} = \sqrt{50^2 - 25^2} = 43.3\ \Omega$$

ג. $tg(\phi) = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{25 - 50}{43.3} = -0.577 \implies \phi = -30^0$

ד. הדיאגרמה הווקטורית היא:



מן הדיאגרמה עצמה ניתן למצוא את כל הנעלמים בשאלה. לפנינו משולש שווה צלעות ABD שאורך כל צלע בו 50 Ω

מכיוון ש- $\overline{AB} = Z = 50\ \Omega$

$\overline{AD} = Z_L = 50\ \Omega$

$\overline{BD} = X_C = 50\ \Omega$

מן הגרף ניתן לראות שזווית המופע היא 30^0 מתחת לציר ה- X , היינו זווית של -30^0

ניתן גם למצוא: $R = Z\cdot\cos(30^0) = 50\cdot\cos(30^0) = 43.3\ \Omega$

$X_L = R\cdot tg(30^0) = 43.3\cdot tg(30^0) = 25\ \Omega$

שתי הדרכים, הדרך החישובית והדרך הגרפית, מותרות בפיתרון השאלה.

פיתרון מספר 18 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

שוב חוזרת הטעות שהופיעה כבר בבחינת בגרות בשנת 1983.
טעות זו מניחה שהמתח על הקבל מכסימלי במצב של תהודה והדבר אינו נכון.

בתהודה הזרם דרך הקבל מכסימלי (כי זהו מעגל טורי ובתהודה הזרם מכסימלי) ולא המתח. עם שינוי התדירות משתנה יחד עם הזרם גם ההיגב של הקבל:

$$V_C = I\cdot X_C = \left(\frac{V}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}\right)\cdot X_C$$

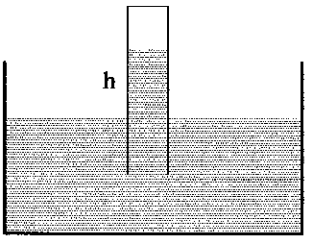
$$V_C = \frac{V}{\omega\cdot C\cdot\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}}$$

לכן, התלות של המתח V_C בתדירות המקור ω אינה רק בעכבה אלא גם בזרם.

ביטוי זה למתח אינו מכסימלי במצב של תהודה.

ההוכחה היא בגזירת הביטוי בחיפוש אחרי המכסימום.
גזירה זו ושימוש בשאר הנתונים מביאה לסידרה של שלוש משוואות לא לינאריות בשלושה נעלמים אשר לא ניתנת לפיתרון.

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים



א. (1) מכניסים את צינור הזכוכית לתוך קערת הכספית ולאחר שהכספית ממלאת את הצינור מעמידים אותו כך שפתחו הפתוח כלפי מטה, ללא מתן אפשרות לאויר להיכנס תוך כדי ההרמה. המצב המתקבל הוא של עמוד כספית בגובה h הכלוא בתוך הצינור.
הלחץ ההידרוסטטי של עמוד הכספית מאזן את לחץ האויר החיצוני, כך שמדידת גובה זה וידיעת משקלה הסגולי של הכספית מספיק למציאת הלחץ האטמוספרי.

(2) גובה צינור הזכוכית צריך להיות מספיק גבוה כדי לאזן את הלחץ האטמוספירי (P_0) . השיוויון הוא: $P_0 = \rho \cdot g \cdot h$

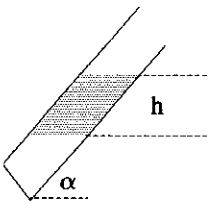
כך שאורך צינור הזכוכית צריך להיות גדול מ- $\frac{P_0}{\rho \cdot g}$

(3) על הירח אין אטמוספירה ולכן אין לחץ אטמוספירי ולא יווצר כלל עמוד כספית.

ב. (1) שיוויון הלחצים הוא: $P_1 = P_0 + P$

נשתמש ביחידות של סנטימטר כספית:
$P_1 = 76 + 20 = 96$ cm Hg

(2) כתוצאה מהטיית המבחנה קטן גובה עמוד הכספית . נמצא את הגובה החדש:
$h = 20 \cdot \sin(\alpha)$



הלחץ באויר הכלוא P_1' הוא עכשיו:

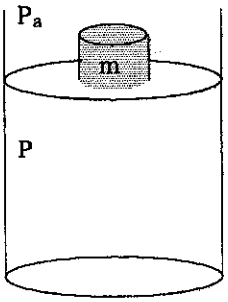
$$P_1' = P_0 + 20 \cdot \sin(\alpha)$$

לחץ זה מתקשר ללחץ הקודם בעזרת חוק בויל: $P_1 \cdot V_1 = P_1' \cdot V_1'$

$$V_1' = V_1 \cdot \frac{P_1}{P_1'}$$

$$V_1' = 0.8 \cdot 10 \cdot \frac{96}{76 + 20 \cdot \sin(\alpha)} = \frac{768}{76 + 20 \cdot \sin(\alpha)} \text{ cm}^3$$

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים



א. (1) הלחץ P בתוך המיכל מאזן את לחץ האויר החיצוני P_A ואת הלחץ הנגרם ממשקל המסה m.

$$P = P_a + \frac{mg}{A}$$

(2) נשתמש בחוק בויל:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$P_A \cdot A \cdot h_1 = \left(P_A + \frac{mg}{A}\right) \cdot A \cdot h_2$$

$$h_2 = h_1 \cdot \frac{P_A}{P_A + \frac{mg}{A}}$$

ב. (1) הבוכנה נשארת במקומה כי אין שינוי בטמפרטורה. לעובדה שהמיכל צף במים אין כלל משמעות.
(2) ככפי שראינו בביטוי ללחץ בסעיף א' (1), אין תלות בטמפרטורה בקביעת הלחץ בתוך הגז. לכן, כל שינוי בטמפרטורה יגרור שינוי בנפח בלבד והלחץ ישאר קבוע.

משוואת הגזים בלחץ קבוע היא: $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

כאשר $T_2 > T_1$ יגדל גם הנפח באותו היחס ולכן הבוכנה תעלה.

(3) כאשר $T_2 < T_1$ יקטן גם הנפח באותו היחס ולכן הבוכנה תרד.

ג. על פי חוק הציפה משקל הגוף מאוזן על ידי משקל הנוזל שנדחה.

משקל הנוזל שנדחה הוא: $W' = \rho \cdot g \cdot V = \rho \cdot g \cdot A \cdot h_1$

משקל המיכל והמסה הוא: $W = (M + m) \cdot g$

מהשוויון נובע: $A \cdot h_1 = M + m$

$$m = \rho \cdot A \cdot h_1 - M$$

משקלם הסגולי של המים ב- M.K.S. הוא $\rho = 1000 \frac{N}{m^3}$

מכאן נקבל:

$$m = 1000 \cdot A \cdot h_1 - M$$

מעבדת חקר - תנודות פס מתכת

.2 כדי להגדיל את הדיוק במדידה של זמן המחזור מודדים את הזמן של מספר זמני מחזור ומחלקים את התוצאה לפי מספר זמני המחזור למציאת זמן המחזור של תנודה אחת.
הדיוק במדידה גדל בצורה זו מכיוון שהשגיאה במדידה תלויה במכשיר המדידה.
נניח שהשגיאה של שעון העצר היא Δt.
אם נמדוד זמן של מחזור אחד התוצאה תהיה: $T \pm \Delta t$

אבל, אם נמדוד, למשל 10 זמני מחזור נקבל תוצאה של: $10 \cdot T \pm \Delta t$

וכאשר נחלק את התוצאה כדי לקבל זמן מחזור אחד נקבל: $T \pm \frac{\Delta t}{10}$

כך שהדיוק במדידה גדל פי 10.

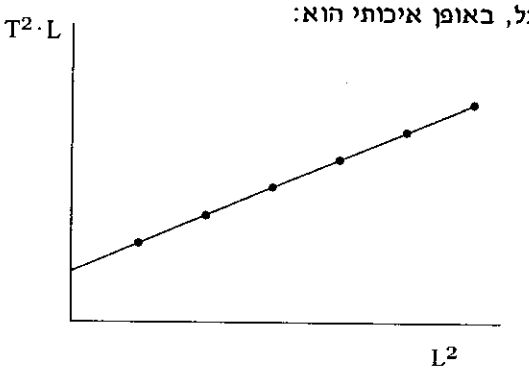
.6 נשתמש בנוסחה (1): $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{k^2 + L^2}{L \cdot g}}$

נעלה את שני האגפים בריבוע: $T^2 = 4 \cdot \pi^2 \cdot \left(\frac{k^2 + L^2}{L \cdot g}\right)$

$$T^2 \cdot L = 4 \cdot \pi^2 \cdot \left(\frac{k^2 + L^2}{g}\right) = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot k^2}{g} + \frac{4 \cdot \pi^2}{g} \cdot L^2$$

הקשר בין $T^2 \cdot L$ לבין L^2 הוא קשר לינארי (ישר) מהצורה: $y = ax + b$

הגרף המתקבל, באופן איכותי הוא:



כאשר שיפוע הקו a הוא: $a = \frac{4 \cdot \pi^2}{g}$

את שיפוע הגרף נחשב בעזרת שתי נקודות: $a = \frac{\Delta(T^2 \cdot L)}{\Delta(L^2)}$

נבודד את g: $g = \frac{4 \cdot \pi^2}{a}$

7. נקודת החיתוך עם ציר ה- Y היא: $b = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot k^2}{g}$

לאחר מציאת נקודת החיתוך נבודד את k: $k = \sqrt{\frac{b \cdot g}{4 \cdot \pi^2}}$

10. מדידה בעזרת לוח אחר בעל מימדים זהים ומסה שונה היה נותן תוצאות זהות כי המסה אינה משפיעה על זמן המחזור. רק מימדי הלוח קובעים את זמן המחזור.

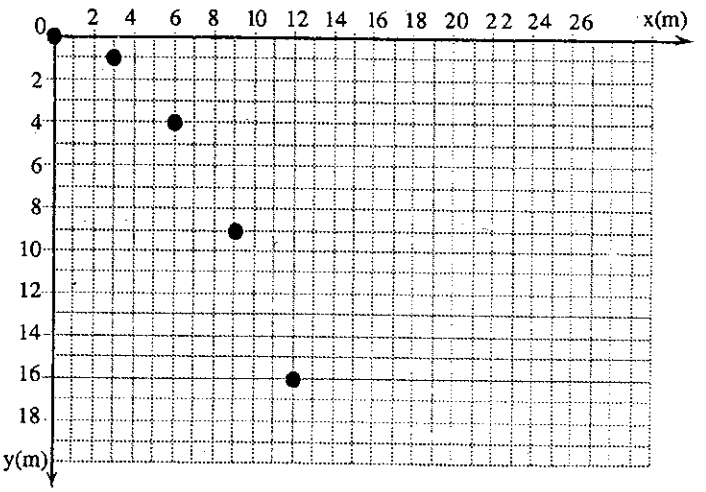
בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1993

חלק א' – מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 5 – 1.

1. בניסוי שנערך על-פני כוכב לכת דמיוני, נזרק גוף א' אופקית בכיוון ציר ה x .

התרשים שלפניך מתאר את מקומו של גוף א' במישור התנועה בזמנים: $t=0$, 1s , 2s , 3s , 4s .
מישור התנועה מתואר על-ידי ציר ה x וציר ה y .



א. (1) מצא את גודל המהירות האופקית, שבה נזרק גוף א'. (6 נקודות)

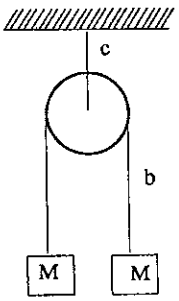
(2) מצא את תאוצת הנפילה החופשית על-פני כוכב הלכת. (11 נקודות)

ב. מאותה נקודה ממנה נזרק גוף א' , ובאותו רגע, החל גוף ב' ליפול חופשית, וגוף ג' נזרק אופקית בכיוון ציר ה x במהירות התחלתית כפולה מזו של גוף א'.
העתק את התרשים למחברתך, והוסף את מקומותיהם של הגופים ב' ו ג' בזמנים $t=0$, 1s , 2s , 3s , 4s , כך שיופיעו בתרשים מקומותיהם של שלושת הגופים. (12 נקודות)

ג. גוף נזרק אופקית. נסמן ב $\vec{v}_1$ את וקטור המהירות של הגוף ברגע t_1 וב $\vec{v}_2$ את וקטור המהירות של הגוף ברגע t_2 $(t_2 > t_1)$. הסבר מדוע כיוון הווקטור $\Delta\vec{v}$ $(\Delta\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1)$ הוא כלפי מטה. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

2. שני גופים, שמסתו של כל אחד היא M , קשורים זה לזה באמצעות חוט b הכרוך סביב גלגלת. הגלגלת קשורה באמצעות חוט c אל התקרה (ראה תרשים א).

מסות החוטים b ו c ניתנות להזנחה, וכן כוחות חיכוך כלשהם ניתנים להזנחה.



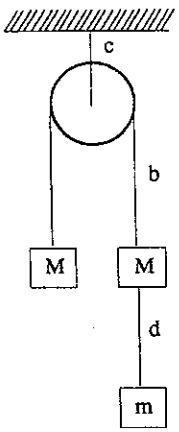
תרשים א

א. בטא באמצעות נתוני השאלה את:

(1) מתיחות החוט b . (4 נקודות)

(2) מתיחות החוט c . (4 נקודות)

ב. תולים על הגוף הימני גוף נוסף, שמסתו m , באמצעות חוט d ,שמסתו אף היא זניחה (ראה תרשים ב).



תרשים ב

(1) הראה כי התאוצה a של הגוף, שמסתו m , קטנה מתאוצת הנפילה החופשית g . (15 נקודות)

(2) אדם הנמצא במעלית, היורדת במהירות קבועה, צופה דרך חלון שבמעלית בְּגוף שמסתו m . האם תאוצת הגוף, כפי שהיא נצפית על-ידי האדם,תהיה קטנה מהתאוצה a , שווה לה או גדולה ממנה (a היא התאוצה ביחס לארץ) ? הסבר . ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. ברגע מסוים נקרע החוט d . מה סוג התנועה של הגוף הימני (שמסתו M), לאחר שהחוט נקרע (שוות־מהירות, שוות־תאוצה, אחרת)? הסבר. (7 נקודות)

3. גוש עץ שמסתו $M = 9.98\ kg$ תלוי בקצהו של חוט שאורכו $2m$ ומסתו זניחה. קליע שמסתו $m = 0.02\ kg$ פוגע אופקית בגוש העץ במהירות שגודלה $v = 500\ \frac{m}{s}$, ונתקע בגוש. הנח כי משך חדירת הקליע קצר מאוד וניתן להזנחה, וכי ממדי גוש העץ זניחים ביחס לאורך החוט.

א. האם האנרגיה המכנית נשמרת בתהליך ההתנגשות? הסבר . (6 נקודות)

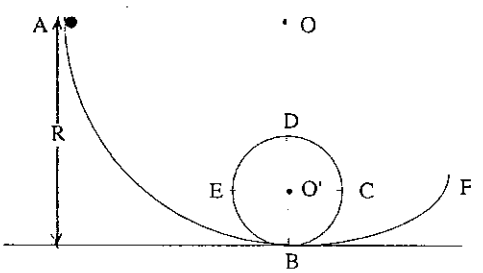
ב. חשב את הגובה המרבי, שאליו מתרומם גוש העץ (עם הקליע בתוכו). (17 נקודות)

ג. מהי העבודה, שנעשתה על-ידי המתיחות בחוט, במשך עליית גוש העץ עם הקליע עד לגובה המרבי? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. כמה זמן לוקח לגוש העץ עם הקליע להגיע לגובהו המרבי? נמק. (5 נקודות)

4. בתרשים שלפניך מתוארת מסילה חסרת חיכוך ABCDEF . קטע המסילה AB הוא רבע מעגל שרדיוסו R ומרכזו O . קטע המסילה BCDE הוא מעגל שרדיוסו r ומרכזו O' (O ו O' נמצאות על אותו קו אנכי). גוף קטן משוחרר ממנוחה בנקודה A , ונע לאורך המסילה. EC הוא קוטר אופקי של המעגל שמרכזו O' .

בטא את תשובותיך לשאלות באמצעות נתוני השאלה.



א. מהו וקטור המהירות (גודל וכיוון) בנקודה C ? (9 נקודות)

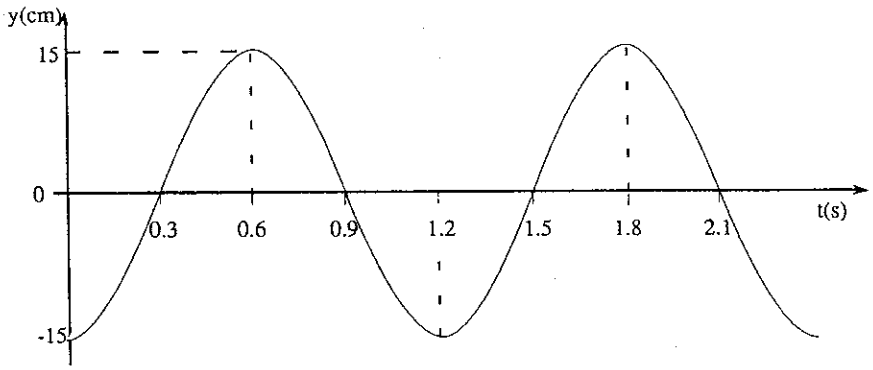
ב. (1) מהי התאוצה הרדיאלית בנקודה C ? (8 נקודות)

(2) מהי התאוצה המשיקית בנקודה C ? (8 נקודות)

ג. חשב מה צריך להיות היחס המינימלי $\frac{R}{r}$, כדי שהגוף לא יתנתק מהמסילה המעגלית שמרכזה O' . (4 נקודות)

ד. הסבר מדוע הכוח השקול, הפועל על הגוף בתנועתו לאורך קטע המסילה, שאחרי הנקודה A ועד לנקודה B , אינו משיק למסילה. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

5. משקולת, שמסתה $M = 0.8\ kg$, תלויה על קפיץ אנכי שמסתו זניחה. תלמיד משך את המשקולת כלפי מטה מרחק A , ושחרר אותה (ממנוחה). חיישן המחובר למחשב מדד את מקום המשקולת בזמנים שונים, ועל צג המחשב התקבל הגרף המתואר בתרשים.
מקום המשקולת, y , נמדד ביחס לציר אנכי שראשיתו בנקודת שיווי-המשקל, וכיוונו החיובי כלפי מעלה .



א. מצא את A ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. מצא את זמן המחזור של התנודות ואת תדירותן. (6 נקודות)

ג. חשב את קבוע הכוח של הקפיץ. (6 נקודות)

ד. מתי בפרק הזמן $0.1\ s < t < 1.4\ s$ מתאפסת מהירות המשקולת? הסבר. (6 נקודות)

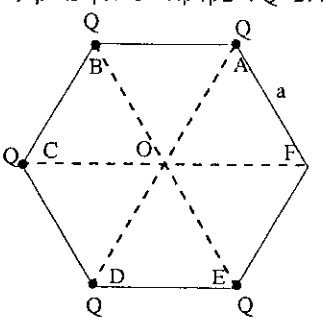
ה. מתי בפרק הזמן $0.1\ s < t < 1.4\ s$ מתאפסת תאוצת המשקולת? הסבר. (6 נקודות)

ו. מהו הכיוון (כלפי מעלה או כלפי מטה) של הכוח השקול הפועל על המשקולת ברגע $t = 1\ s$? הסבר. (6 נקודות)

חלק ב' – חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 – 6.

6. בכל אחד מחמשת הקדקודים A, B, C, D ו E של משושה משוכלל, שאורך צלעו a, נמצא מטען נקודתי חיובי Q. בקדקוד F אין מטען (ראה תרשים).



בטא את תשובותיך לשאלות באמצעות נתוני השאלה.

א. מהו השדה החשמלי השקול (גודל וכיוון) במרכז הסימטריה O של המשושה? הסבר

(8 נקודות)

ב. מעבירים מטען נוסף Q ממקום רחוק מאוד ("אינסוף") אל הנקודה O.

מהי העבודה שנעשתה נגד כוחות השדה החשמלי? (8 נקודות)

ג. מעבירים את המטען הנוסף Q מהמרכז O לקדקוד השישי F (בכל אחד מקדקודי המשושה נמצא עתה מטען Q).

(1) מהו השדה החשמלי בנקודה O? נמק. (7 נקודות)

(2) האם דרושה עבודה, כדי להביא מטען q מאינסוף אל מרכז המשושה?

נמק. (5 נקודות)

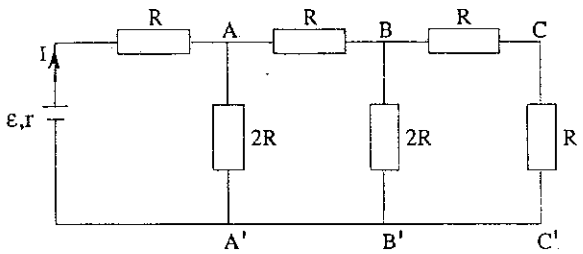
ד. בכל אחד משלושת הקדקודים A, C ו E מחליפים את המטען Q במטען שלילי -Q.

(בכל אחד משלושת הקדקודים האחרים נמצא מטען Q, ובנקודה O אין מטען.)

האם פעולה זו תגרום לשינוי בפוטנציאל החשמלי במרכז המשושה? הסבר.

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

7. במעגל החשמלי, שמתואר בתרשים א', הכא"מ של מקור המתח הוא $\varepsilon = 34\ V$, התנגדותו הפנימית היא $r = 3\ \Omega$, ועוצמת הזרם דרך מקור המתח היא I .



תרשים א'

א. בטא באמצעות R את ההתנגדות החשמלית השקולה החיצונית של המעגל.

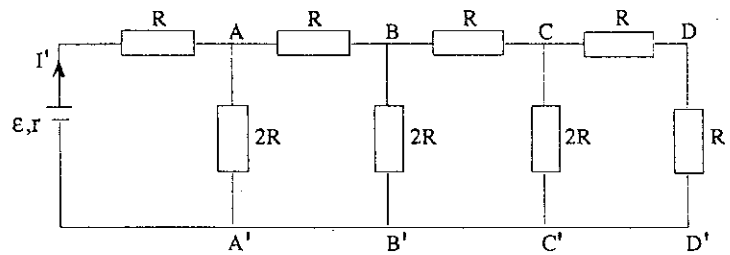
(12 נקודות)

ב. חשב את ההתנגדות R , אם נתון כי עוצמת הזרם I במעגל החשמלי היא $\frac{2}{3}\ A$.

(5 נקודות)

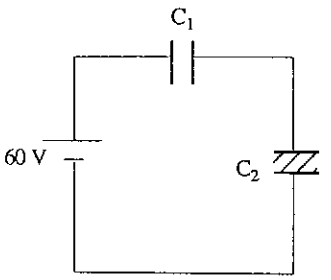
ג. חשב את המתח על כל אחד מהנגדים AA' , BB' , CC' . (10 נקודות)

ד. הרחיבו את המעגל הנתון למעגל המתואר בתרשים ב'. האם עוצמת הזרם I' דרך מקור המתח במעגל החדש קטנה, גדולה או שווה ל I ? נמק. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים ב'

8. במעגל, שמתואר בתרשים א', הקיבול של C_1 הוא $8\mu F$. בין הלוחות של C_2 נמצא חומר מבודד בעל קבוע דיאלקטרי יחסי $\varepsilon_r = 3$. הקיבול של C_2 עם החומר המבודד הוא $24\mu F$.



תרשים א'

א. חשב את:

(1) המתח על כל אחד משני הקבלים. (7 נקודות)

(2) האנרגיה החשמלית הכוללת, האגורה בשני הקבלים הטעונים. (7 נקודות)

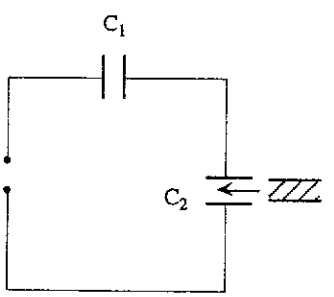
ב. מוציאים את החומר המבודד מבין לוחות הקבל C_2.

חשב את:

(1) המתח על כל אחד מהקבלים במצב זה. (7 נקודות)

(2) האנרגיה החשמלית הכוללת, האגורה בשני הקבלים. (6 נקודות)

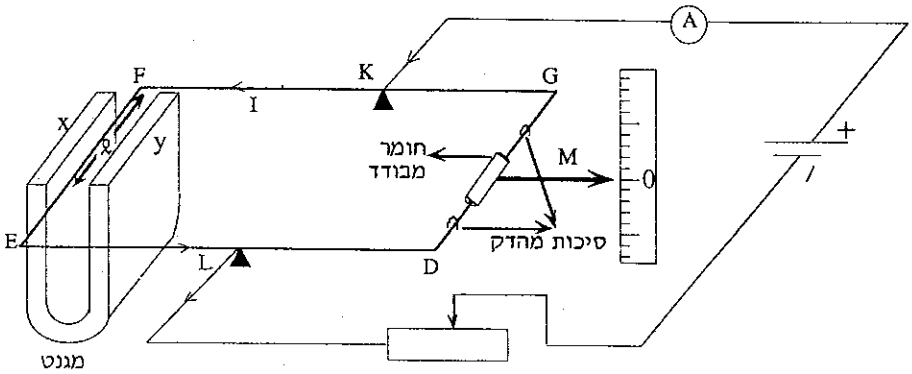
ג. לאחר הוצאת החומר המבודד מבין לוחות הקבל C_2, מנתקים את מקור המתח, ואחר כך מחזירים את החומר המבודד אל בין הלוחות של C_2 (ראה תרשים ב').



תרשים ב'

האם החזרת החומר המבודד גורמת לשינוי במתח על כל אחד מהקבלים? <u>הסבר</u>. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

9. התרשים שלפניך מתאר מערכת מאזני זרם.



מסגרת DEFG העשויה מתיל מוליך, נתמכת בשתי נקודות K ו L , כך שהיא חופשייה לנוע סביב הציר KL . המסגרת פתוחה בקטע שבו נמצא חומר מבודד. קטע מסגרת, שאורכו 2 ס"מ = ℓ , נמצא בתוך שדה מגנטי אחיד שבין קוטבי מגנט. כאשר לא עובר זרם במסגרת, היא נמצאת במצב אופקי, והמחוג M מצביע על אפס. כשמחברים את מקור המתח, פועל על המסגרת כוח מגנטי F , שאותו מאזנים באמצעות סיכות מהדק. המסה של סיכה אחת היא 0.02 גרם.

בטבלה שלפניך רשום מספר הסיכות (N), המאזנות את הכוח המגנטי עבור זרמים שונים (I) .

N מספר הסיכות	1	2	3	4	5
I עוצמת זרם באמפרים	0.500	0.950	1.50	2.05	2.50

א. מהו כיוון השדה המגנטי (סמן $x \longrightarrow y$ או $y \longrightarrow x$) ? הסבר. (6 נקודות)

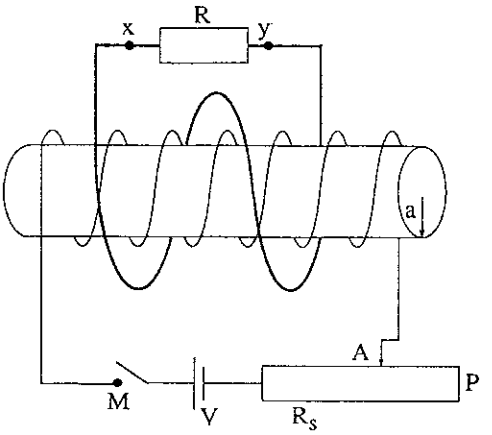
ב. סרטט גרף, המתאר את הכוח המגנטי F בניוטונים כפונקציה של עוצמת הזרם I שזורם במסגרת. (12 נקודות)

ג. (1) חשב את שיפוע הגרף שסרטטת. (5 נקודות)

(2) ציין את היחידות של השיפוע. (5 נקודות)

(3) חשב את עוצמת השדה המגנטי. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

10. נתון סליל שאורכו ℓ , ורדיוס החתך שלו הוא a . לסליל N_1 כריכות מבודדות זו מזו.
את הסליל מחברים למעגל חשמלי המכיל: מקור מתח V , נגד משתנה R_s ומפסק M .
סביב הסליל הנתון N_1 נמצא סליל משני, שמספר כריכותיו N_2 , וקצוותיו מחוברים לנגד R
(ראה תרשים).



א. ציין את כיוון הזרם המושרה שעובר דרך הנגד R (סמן $x \longleftarrow y$ או $y \longleftarrow x$):

(1) תוך כדי סגירת המפסק M . הסבר. (7 נקודות)

(2) כאשר המפסק M סגור, תוך כדי הזזת המגע הזחיח A לכיוון הנקודה P .
הסבר. (7 נקודות)

ב. כאשר סוגרים את המפסק M , הזרם במעגל הראשוני מגיע לערך של 0.5 A בפרק זמן של $\Delta t = 4 \cdot 10^{-4}\,s$. חשב את הערך הממוצע של הזרם המושרה בסליל N_2.
נתונים: $\ell = 20\,cm$; $N_1 = 500$; $a = 2\,cm$; $N_2 = 20$; $R = 12\,\Omega$
(התנגדות R כוללת את התנגדות הכריכות N_2) . (15 נקודות)

ג. מחליפים את מקור המתח הישר במקור מתח חילופין. האם עובר זרם דרך הנגד R
(המפסק סגור)? הסבר. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

חלק ג' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

11. א. (1) כאשר מציבים מסך מאחורי עדשה מרכזת (במרחק גדול יותר מרוחק המוקד), יש רק מרחק אחד שבו ניתן להציב עצם לפני העדשה, כך שתתקבל דמות חדה על המסך. כיצד ייתכן, אם כן, שבעין תקינה של אדם מתקבלת על הרשתית דמות ברורה של עצם, כאשר הוא נמצא במרחקים שונים מן העין?

(10 נקודות)

(2) שני עצמים שונים נראים לאדם כבעלי אותו גובה. האם ניתן להסיק מכך שאכן גובהם שווה? הסבר. (5 נקודות)

ב. רוחק ראייה מינימלי של אדם מסוים הוא $d = 25\ cm$. אדם זה מתבונן בעצם הנמצא במרחק של 8 ס"מ מעינו.

האם העצם ייראה לאדם בבירור? הסבר. (5 נקודות)

ג. אותו אדם מצמיד לעינו עדשה שרוחק המוקד שלה $f = 10\ cm$. העדשה משמשת כזכוכית מגדלת. האדם מתבונן דרך העדשה באותו עצם שנמצא במרחק של 8 ס"מ מהעדשה (מהעין).

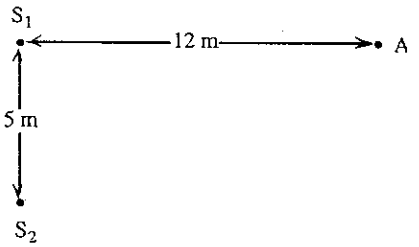
(1) האם במצב זה ייראה העצם לאדם בבירור? הסבר. (12 נקודות)

(2) סרטט באמצעות מהלכי קרניים מתאימות את דמות העצם הנוצרת באמצעות העדשה. (10 נקודות)

(3) חשב את ההגדלה הזוויתית. (8 נקודות)

12. שני מקורות קול נקודתיים S_1 ו S_2 יוצרים בתוך מים גלי קול באותו אורך גל, באותה עוצמה ובאותו מופע. שני המקורות מסוגלים ליצור גלים בתחום התדירויות מ 2500 Hz ועד 5000 Hz . מהירות הקול במים היא $1500\ \frac{m}{s}$. נקודה A נמצאת במרחק 12 m מ S_1 . AS_1 מאונך ל S_1S_2 .

המרחק בין שני המקורות הוא 5 m (ראה ציור).



א. מצא, בתחום התדירויות של המקורות, שתי תדירויות, שעבור כל אחת מהן נקבל בנקודה A עוצמת קול מקסימלית. (25 נקודות)

ב. האם קיימת תדירות כזאת, בתחום התדירויות של שני המקורות, כך שעוצמת הקול בנקודה A תהיה מינימלית! אם כן - חשב את התדירות. אם לא - הסבר. (15 נקודות)

ג. עתה יוצרים בין שני המקורות הפרש מופע. מהו הפרש הזמן המינימלי שבו חייב המקור S_1 לפגר ביחס למקור S_2, כדי שעוצמת הקול לאורך <u>האנך האמצעי</u> לקטע S_1S_2 תהיה אפס, אם תדירות השידור היא 4000 Hz ! (10 נקודות)

פרק שני - פיסיקה מודרנית

13. רמות האנרגיה של יון הליום, שבו נע אלקטרון יחיד סביב הגרעין, נתונות על-ידי ביטוי דומה לזה של אטום המימן: $E_n = -\frac{4R^*}{n^2}$, כאשר $R^* = 13.6\ eV$.

א. (1) מצא את האנרגיה המינימלית הדרושה לשם יינון של יון ההליום הנמצא במצב היסוד. (7 נקודות)

(2) מצא את אורך הגל המרבי של הקרינה הדרושה ליינון זה. (8 נקודות)

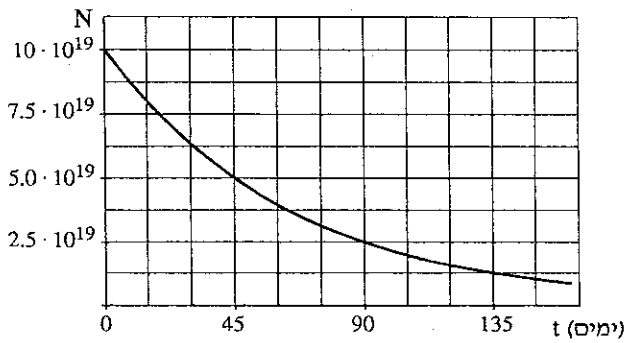
ב. אלומה של קרינה אלקטרומגנטית, בעלת טווח רציף של אורכי גל שבין 240 Å ל 500 Å , עוברת דרך מִכָּל, שבו נמצאים יוני הליום שכולם במצב היסוד. חשב באילו אורכי גל נבלעת הקרינה האלקטרומגנטית. הזנח אפשרות בליעה של יון מעורר. (25 נקודות)

ג. כמה קווים ספקטרליים יימצאו בספקטרום <u>הפליטה</u> של יוני ההליום שעוררו על-ידי הקרינה שתוארה בסעיף ב! <u>הסבר</u>. (10 נקודות)

14. איזוטופ ברזל בעל מספר מסה 59 ומספר אטומי 26 מתפרק התפרקות β^- לאיזוטופ יציב של קובלט.

א. מצא את מספר המסה ואת המספר האטומי של איזוטופ הקובלט. (13 נקודות)

ב. התרשים שלפניך מתאר את מספר גרעיני הברזל-59 , שנמדדו במדגם כפונקציה של הזמן החל מרגע $t = 0$.



(1) כמה גרעיני ברזל-59 נותרו במדגם לאחר 30 יום? (7 נקודות)

(2) מצא את זמן מחצית החיים של איזוטופ ברזל-59 . (13 נקודות)

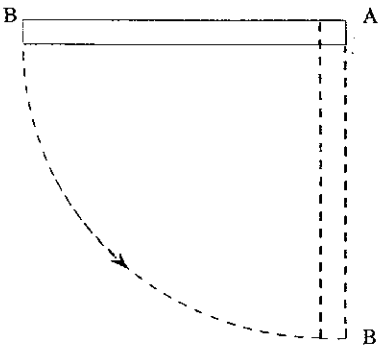
(3) חשב כעבור כמה ימים התפרקו 99% מגרעיני ברזל-59. (7 נקודות)

ג. נניח שברגע $t = 0$ לא היו גרעיני קובלט במדגם. העתק את התרשים למחברתך והוסף עליו עקום, שיתאר את מספר גרעיני הקובלט במדגם כפונקציה של הזמן. (10 נקודות)

פרק שלישי – מכניקה של גוף קשיח

15.

מוט אחיד AB , שאורכו ℓ ומסתו m , יכול להסתובב באופן חופשי סביב ציר אופקי הניצב למוט בקצהו הימני. משחררים את המוט, כאשר הוא נמצא במנוחה במצב אופקי (ראה תרשים).



א. בטא באמצעות נתוני השאלה את התאוצה הזוויתית הרגעית של המוט ברגע השחרור. (15 נקודות)

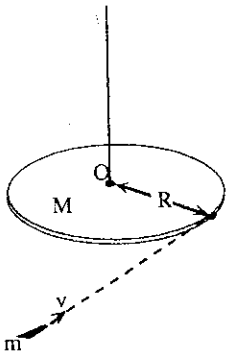
ב. (1) מצא את התאוצה הקווית של מרכז המסה ברגע השחרור. (15 נקודות)

(2) האם התאוצה הקווית של נקודה B שווה לתאוצה הקווית של מרכז המסה או שונה ממנה? הסבר. (5 נקודות)

ג. בטא את מהירותו הזוויתית הרגעית של המוט ברגע שהוא מגיע למצב אנכי (ראה תרשים). (15 נקודות)

16. דיסקה אחידה ואופקית, שמסתה M ורדיוסה R , יכולה להסתובב באופן חופשי סביב ציר מאונך העובר במרכז הדיסקה O (ראה תרשים א).

כאשר הדיסקה במצב מנוחה, יורים קליע שמסתו m במהירות v בכיוון המשיק לדיסקה. הקליע נתקע בדיסקה (נעצר על-ידי בליטה קטנה שמסתה זניחה).



תרשים א

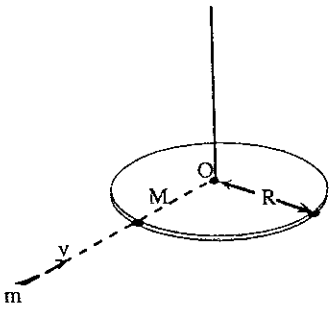
א. בטא את המהירות הזוויתית של הדיסקה (עם הקליע) לאחר ההתנגשות. (20 נקודות)

ב. חשב את האנרגיה הקינטית של המערכת (הקליע והדיסקה) לפני ההתנגשות ולאחריה. (15 נקודות)

ג. חוזרים על אותו ניסוי, אך הפעם נורה הקליע בכיוון ציר הסיבוב, ונתקע בהיקף הדיסקה (ראה תרשים ב).

(1) מהי המהירות הזוויתית של המערכת במקרה זה? הסבר. (10 נקודות)

(2) האם התנע הקווי של המערכת נשמר? נמק את תשובתך. (5 נקודות)



תרשים ב

פרק רביעי - זרם חילופין

17. נגד שהתנגדותו $200\ \Omega$ וסליל לא אידיאלי מחוברים בטור למקור מתח חילופין שתדירותו $50\ Hz$. המתח על הדקי המקור הוא $244\ V$, המתח על הנגד הוא $100\ V$, והמתח על הסליל הוא $166\ V$. כל ערכי המתח הם אפקטיביים.

א. מדוע סכום המתחים האפקטיביים שעל הנגד ושעל הסליל אינו שווה למתח המקור? (10 נקודות)

ב. חשב את:

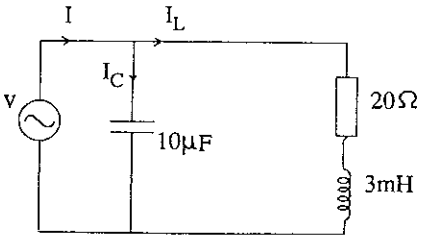
(1) ההתנגדות האומית של הסליל. (10 נקודות)

(2) השראות הסליל. (10 נקודות)

ג. מצא את הפרש המופע בין המתח על הסליל לבין הזרם. (10 נקודות)

ד. סרטט את דיאגרמת המתחים של המעגל. (10 נקודות)

18. במעגל, שמתואר בתרשים, מתח המקור הוא: $v = 12\cos 5000t$. המתח v נמדד בוולטים והזמן t בשניות. הנח שהסליל הוא אידיאלי.



א. (1) חשב את הערך המקסימלי של הזרם I_C דרך הקבל, וציין את זווית המופע שלו (ביחס למתח המקור). (15 נקודות)

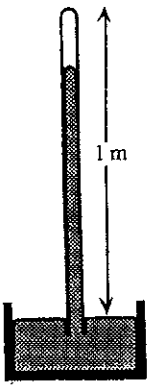
(2) חשב את הערך המקסימלי של הזרם I_L דרך הסליל ואת זווית המופע שלו (ביחס למתח המקור). (15 נקודות)

ב. האם סכום הערכים המקסימליים I_C ו I_L שווה לערך המקסימלי של הזרם העובר דרך המקור? נמק. (5 נקודות)

ג. סרטט את דיאגרמת הזרמים של המעגל, ומצא את הזרם העובר דרך המקור. (15 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים

19. גובהו של צינור ברומטר כספית מעל משטח הכספית הוא 1 מטר (ראה תרשים).



כמות קטנה של אוויר חדרה לחלק העליון של הצינור שמעל לכספית. כתוצאה מכך התקלקל המכשיר.

בלחץ אטמוספרי של 80 ס"מ כספית ובטמפרטורה של $34.2^{o}C$ היה גובה עמוד הכספית בברומטר המקולקל 76 ס"מ. (אתה רשאי לציין את תשובותיך בס"מ כספית.)

א. מהו הלחץ של האוויר הנמצא בחלקו העליון של הברומטר? (10 נקודות)

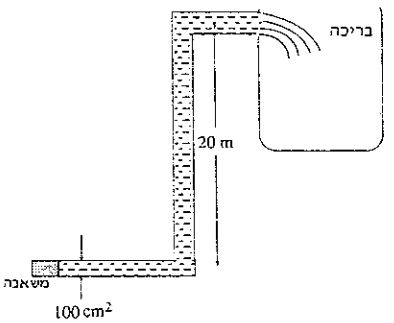
ב. בלחץ אטמוספרי של 70 ס"מ כספית ובטמפרטורה של $15.2^{o}C$:

(1) מהו הלחץ של האוויר שנמצא בחלק העליון של הברומטר? (20 נקודות)

(2) מה הלחץ (גובה עמוד הכספית) שמראה הברומטר המקולקל? (10 נקודות)

ג. מוסיפים כספית לכלי התחתון של הברומטר, כך שמשטח הכספית עולה ב 1 cm . הסבר מדוע קצה גובה הכספית שבצינור יעלה בפחות מ 1 cm . (10 נקודות)

20. משאבה מספקת $6\ m^3$ מים בדקה לברֵכה של מגדל מים, הפתוחה לאוויר. המים מוזרמים מהמשאבה דרך צינור, ששטח חתך הרוחב שלו $100\ cm^2$. המים נכנסים לברֵכה דרך צינור, ששטח חתך הרוחב שלו גדול פי 2.5 משטח חתך רוחב הצינור שליד המשאבה.



הצינור הנכנס לתוך הברֵכה נמצא בגובה 20 m מעל למשאבה (ראה תרשים). הלחץ האטמוספרי הוא $10^5\ \frac{N}{m^2}$. צפיפות המים היא $10^3\ \frac{kg}{m^3}$

א. באיזו מהירות יוצאים המים מהצינור הרחב אל הברֵכה? (12 נקודות)

ב. מהו לחץ המים ליד המשאבה? (30 נקודות)

ג. מפסיקים את פעולת המשאבה, ובצינורות נותרים מים עומדים. האם לחץ המים שליד המשאבה גדל, קטן או נשאר קבוע? הסבר. (8 נקודות)

פרק שישי – תרמודינמיקה

21. 1 ק"ג מים בטמפרטורה של 280 K (7^oC) ערבבו עם 2 ק"ג מים בטמפרטורה של 310 K (37^oC), בתנאים אדיאבטיים.

הנח, כי החום הסגולי של המים קבוע בתחום זה של הטמפרטורות, והוא $4.2\frac{J}{gr\cdot K}$.

א. חשב את טמפרטורת התערובת. (5 נקודות)

ב. האם יש שינוי בפונקציית האנרגיה הפנימית של המים (כל 3 הק"ג) כתוצאה מהערבוב? הסבר. (10 נקודות)

ג. מצא את השינוי הכולל באנטרופיה (המערכת והסביבה) בתהליך זה. ציין בבירור את היחידות שבחישובך. (25 נקודות)

ד. לפניך הטענה: בתהליך הערבוב הנתון אין זרימת חום מהסביבה, ולכן $\Delta Q = 0$, ולפי הנוסחה $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$ גם $\Delta S = 0$. הסבר היכן השגיאה בטיעון זה. (10 נקודות)

22. א. החוק הראשון של התרמודינמיקה מנוסח באופן הבא: $\Delta U = Q - W$.

כל אות מסמנת פונקציה. אילו מהפונקציות שבניסוח הן פונקציות מצב (תלויות רק במצב ההתחלתי ובמצב הסופי), ואילו מהפונקציות תלויות בתהליך? הסבר. (10 נקודות)

ב. מהביטוי שבסעיף א נסח ביטוי עבור תהליך מחזורי (המערכת חוזרת למצבה המקורי), והסבר אותו באופן מילולי. (10 נקודות)

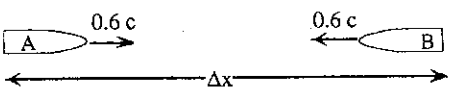
ג. 5 מולים של גז אידיאלי חד-אטומי נמצאים בטמפרטורה של 400 K , ומתפשטים אדיאבטית מלחץ התחלתי של 10 אטמוספירות ללחץ סופי של אטמוספירה אחת.

(1) חשב את הטמפרטורה הסופית של הגז. (20 נקודות)

(2) חשב את העבודה שנעשתה על-ידי הגז. (10 נקודות)

פרק שביעי - תורת היחסות הפרטית

23. התרשים שלפניך מתאר שתי חלליות הנעות זו מול זו, מנקודת מבטו של צופה על הקרקע. גודל המהירות של כל אחת מהחלליות ביחס לצופה, שעל הקרקע, הוא $0.6\,c$.



א. מהי מהירותה של החללית B יחסית לטייס בחללית A :

(1) לפי המכניקה הקלאסית? (5 נקודות)

(2) לפי תורת היחסות? (15 נקודות)

ב. ברגע שהחללית A נמצאת מעל ראשו של הצופה, הוא מודד את המרחק Δx בין החלליות ומוצא כי הוא $180\ km$.

מצא כעבור כמה זמן, על-פי שעונו של הצופה, ייפגשו שתי החלליות. (10 נקודות)

ג. מצא בעזרת תשובתך לסעיף ב, כמה זמן, על-פי שעונו של טייס החללית A , עבר מן הרגע שבו חלף טייס החללית A מעל הצופה, ועד לרגע שהחללית B נפגשה עם החללית A. (20 נקודות)

24. חלקיק π , שמסת המנוחה שלו היא $140\ MeV/c^2$, מתפרק לחלקיק μ , שמסת המנוחה שלו היא $106\ MeV/c^2$, ולנויטרינו ν שהוא חסר מסת מנוחה (בדומה לפוטון).

נתון כי חלקיק ה π נמצא במנוחה לפני ההתפרקות.

א. אם התנע של החלקיק μ הוא $\vec{p}$, מהו התנע של הנויטרינו? הסבר. (15 נקודות)

ב. הפרש מסות המנוחה של π ושל μ הוא $\Delta m = 34\ MeV/c^2$.

האם אנרגיית הנויטרינו שנוצר בהתפרקות, גדולה, קטנה או שווה ל Δmc^2 ?

הסבר ללא חישוב. (15 נקודות)

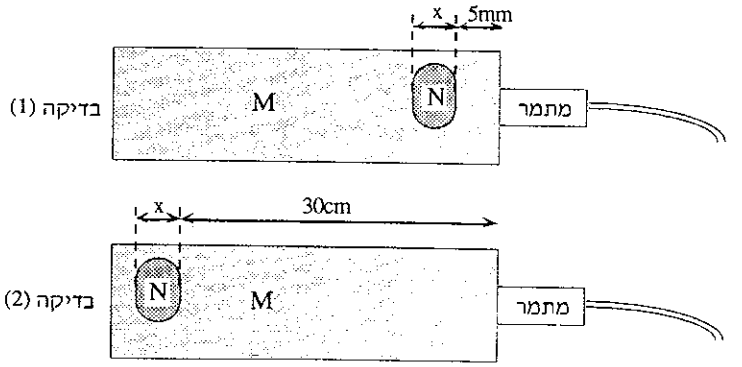
ג. חשב את האנרגיה של הנויטרינו. בטא אותה ביחידות MeV . (20 נקודות)

פרק שמיני - אבחון רפואי

25. למכשיר בדיקה באולטרסאונד ניתן לחבר מתמרים המשדרים בתדר שונה, בהתאם לצרכים.
לרשותך שני מתמרים: מתמר A משדר פולסים על-קוליים ב 1 MHz , ומתמר B משדר פולסים על-קוליים ב 7 MHz .
בטבלה שלפניך נתונים מאפייני ההתנהגות האקוסטית בתוך M בשני התדרים:

תדירות (MHz)	מהירות הקול $(\frac{m}{s})$	עכבה אופיינית $(10^6 \frac{kg}{m^2 \cdot s})$	מקדם הנחתה $(\frac{1}{cm})$
1	1600	1.4	0.05
7	1600	1.4	0.25

בתרשימים מתוארות שתי בדיקות, שמטרתן לאתר גוף זר N ולמדוד את עוביו x בתוך M .



א. בבדיקה (1) הפרש הזמנים בין קליטת שני הדים מקצות הגוף N היה 2.5 מיקרושניות. חשב את העובי x . (10 נקודות)

ב. בבדיקה (1) השתמשו במתמר A ושידרו לתוך אות על-קולי שעוצמתו I_0 . עוצמת ההד הראשון שהוחזר מהגוף הזר N ונקלט במתמר הייתה $0.3\ I_0$. חשב את העכבה האופיינית של החומר ממנו עשוי גוף N . (20 נקודות)

ג. בבדיקה (2) משתמשים במתמר B . מה תהיה במקרה זה עוצמתו של ההד הראשון מ N ? (10 נקודות)

ד. באיזה מתמר רצוי להשתמש בכל אחת מן הבדיקות? נמק. (10 נקודות)

26. במעבדות הפיתוח מנסים להתאים חומרים חדשים, שישמשו כעוקבים למיפוי רדיואקטיבי של איבר מסוים. בשלב האחרון של ההתאמה נותרו שלושה חומרים B , C , D .

להלן סיכום תכונותיהם:

חומר	B	C	D
T_m - הזמן (מרגע ההחדרה לגוף) הדרוש להשגת ריכוז מרבי באיבר (שעות)	0.5	4	2
זמן מחצית חיים ביולוגי (שעות)	6	12	8

שלושת העוקבים מסומנים ברדיואיזוטופ ^{99}Tc , שפעילותו הכוללת ברגע ההחדרה לגוף היא A_o .

א. חשב את זמן מחצית החיים השקול לכל אחד מן העוקבים. (13 נקודות)

ב. עבור איזה מן העוקבים תהיה הפעילות הגדולה ביותר מתוך האיבר ברגע T_m ? נמק.
הנח כי לאחר זמן T_m כל החומר שהוחדר מתרכז באיבר הנבדק. (13 נקודות)

ג. עבור איזה מן העוקבים תיוותר בגוף הפעילות המרבית לאחר 24 שעות? נמק.
(12 נקודות)

ד. באיזה מבין העוקבים היית ממליץ להשתמש לבדיקת האיבר? נמק. (12 נקודות)

פרק תשיעי - אסטרופיסיקה

27. כאשר בודקים את הקרינה הנפלטת מהשמש, מתברר כי השמש פולטת את מקסימום צפיפות הספק הקרינה שלה באורך גל $\lambda_{max} = 5000$ Å .

א. חשב את הטמפרטורה על-פני השמש. (15 נקודות)

ב. חשב את בהירות השמש (הספק הקרינה הכולל). (15 נקודות)

ג. הסבר כיצד נוצרת האנרגיה בשמש. (10 נקודות)

ד. בספקטרום הקרינה הנפלטת מהשמש מופיעים קווים שחורים (הידועים בשם קווי פראונהופר). מה הסיבה להופעת קווי פראונהופר? (10 נקודות)

28. לקו ספקטרלי מסוים אורך גל של 1216 Å . אורך הגל של אותו קו ספקטרלי, שזוהה בספקטרום של אחת מן הגלקסיות, היה 1277 Å .

א. חשב את מהירות ההתרחקות של הגלקסיה מאתנו. (15 נקודות)

ב. הערך את מרחקה של הגלקסיה מאתנו, והסבר את שיקולך. (15 נקודות)

ג. שטף הקרינה (בתחום הנראה) המגיע אל כדור-הארץ מן הגלקסיה

הוא: $4.2 \times 10^{-14} \frac{W}{m^2}$.

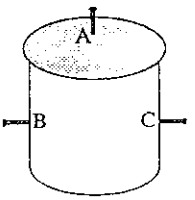
מצא את המסה של הגלקסיה, בהנחה שהיא מכילה כוכבים, שבהירות כל אחד מהם

היא 3.9×10^{26} W ומסת כל אחד מהם 2×10^{30} kg . (20 נקודות)

מעבדת חקר

חקירת אופיין של רכיבים חשמליים

אופיין הוא כידוע גרף, המתאר את עוצמת הזרם דרך רכיב חשמלי כפונקציה של המתח בין קצות הרכיב.



לרשותך עומד, לצורך ניסוי זה, הציוד הבא:

- קופסה עם שלושה הדקים A , B , C , כמתואר בתרשים שלפניך:

להדקים מחוברים שני רכיבים המוסתרים בתוך הקופסה: רכיב אחד מחובר להדקים A ו B ,

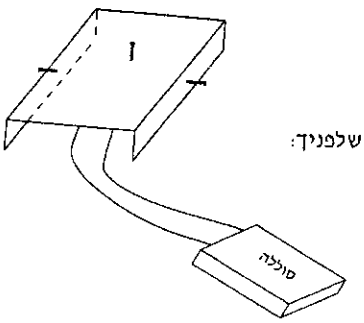
ורכיב שני, מחובר להדקים A ו C ;

אין לפתוח את הקופסה!

- אמפרמטר;
- וולטמטר;

(או מולטימטר שישמש לך כאמפרמטר או כוולטמטר.)

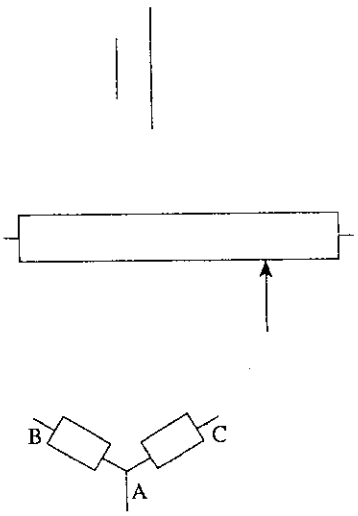
- תיילי הולכה.
- סוללה עם מחלק מתח (פוטנציומטר), כמתואר בתרשים שלפניך:



חלק ראשון - ביצוע הניסוי וסרטוט התוצאות (70 נקודות)

1. בתרשים שלפניך מסורטטים פוטנציומטר, סוללה ושני הרכיבים שבקופסה.

השלם את התרשים למעגל חשמלי, כולל מכשירי מדידה, שבאמצעותו ניתן למדוד נתונים לצורך סרטוט אופיין של אחד הרכיבים שבקופסה.



2. רשום אֵילו מכשירי מדידה עומדים לרשותך:

אמפרמטר אנלוגי/דיגיטלי (מחק את המיותר) בתחום של mA ___ - 0 .

וולטמטר אנלוגי/דיגיטלי (מחק את המיותר) בתחום של Volt ___ - 0 .

3. א. בצע מספר מדידות למציאת האופיין של הרכיב שמחובר להדקים A ו B . על המדידות להתפרס על כל תחום המתחים האפשרי במעגל החשמלי שבנית.

הכן טבלה במקום המוקצה לכך בעמוד 4, ורשום בה את תוצאות המדידות שביצעת.

ב. בצע את ההוראות שבסעיף א עבור הרכיב שמחובר להדקים A ו C .

4. סרטט במערכת צירים אחת, דיאגרמת פיזור (נקודות במערכת צירים) של המדידות שביצעת עבור כל אחד משני הרכיבים. סמן ב + את הנקודות המתאימות לרכיב שבין A ל B , וב ⊙ את הנקודות המתאימות לרכיב שבין A ל C .

5. האם האופיינים של שני הרכיבים צריכים לעבור דרך הראשית? נמק.

6. סרטט את שני האופיינים לפי הנקודות בדיאגרמת הפיזור שסרטטת על גבי הנייר המילימטרי.

לרשותך נייר מילימטרי נוסף בעמוד 9, אם תרצה לסרטט שנית את הגרפים.

חלק שני - ניתוח, מסקנות ושאלות (30 נקודות)

7. א. איזה משני האופיינים מבטא יחס ישר בין הזרם לבין המתח?

_____

נמק. _____

_____

ב. מצא מתוך האופיין, שמבטא יחס ישר בין הזרם לבין המתח, את ההתנגדות של הרכיב. הסבר כיצד מצאת את ההתנגדות, ופרט את חישוביך.

_____

_____

8. האם ההתנגדות של הרכיב, שהזרם דרכו אינו נמצא ביחס ישר למתח, גדלה או קטנה עם עליית המתח עליו? הסבר.

_____

_____

_____

9. ציין דוגמה לרכיב חשמלי שהזרם דרכו נמצא ביחס ישר למתח, ודוגמה לרכיב חשמלי שהזרם דרכו אינו נמצא ביחס ישר למתח.

_____

_____

10. על הסוללה שברשותך רשום 9 V . האם ערך זה מבטא מתח הדקים או כא"מ? נמק.

_____

_____

תשובות סופיות - 1993

1. א. $v=3\,m/sec$ ב. $a=2\,m/sec^2$

2. א. $T_C=2\cdot Mg$ $T_b=Mg$ ב. $a=(m/[2M+m])\cdot g$

3. ב. $h=0.05\,m$ ג. $W=0$ ד. $t=0.71\,sec$

4. א. $v_C=\sqrt{2\cdot g\cdot(R-r)}$ מעלה ב. $a_R=2g(R-r)/r$ (1) אופקית פנימה
$a_T=-g$ (2) ג. $R/r=2.5$

5. א. $A=15\,cm$ ב. $T=1.2\,sec$; $f=0.833\,Hz$ ג. $k=21.93\,N/m$

ד. $t_1=0.6\,sec$; $t_2=1.2\,sec$ ה. $t_1=0.3\,sec$; $t_2=0.9\,sec$

6. א. $E=KQ/a^2$ כלפי F ב. $W=5KQ/a$ ג. $E=0$ (1)
$W=6KQ/A$ (2) ד. $V=0$

7. א. $R_T=2R$ ב. $R=24\,\Omega$ ג. $U_{AA'}=16\,V$; $U_{BB'}=8\,V$; $U_{CC'}=4\,V$

8. א. (1) $U_1=15\,V$; $U_2=45\,V$ $E=0.0108\,J$ (2)
ב. (1) $U_1=30\,V$; $U_2=30\,V$ $E=7.2\cdot10^{-3}\,J$ (2)
ג. (1) $U_1=30\,V$; $U_2=10\,V$

9. א. מ-y ל-x. ב. $4\cdot10^{-4}\,N/A$ ג. $B=0.02\,T$

10. א. מ-y ל-x ב. מ-x ל-y ג. $I=8.22\,mA$

11. ד. $\mu=3.125$

12. א. $f_1=3000\,Hz$; $f_2=4500\,Hz$ ב. $f=3750\,Hz$ ג. $t=1.25\cdot10^{-4}\,sec$

13. א. (1) $E=54.4\,eV$ (2) $\lambda=228\,Å$
ב. $\lambda_1=303.9\,Å$; $\lambda_2=256.4\,Å$; $\lambda_3=243.1\,Å$
ג. שלושה קווי נוספים: $\lambda_4=4697\,Å$; $\lambda_5=1216\,Å$; $\lambda_6=1640\,Å$

14. א. מספר המסה 59, מספר אטומי 27. ב. $N=6.25\cdot10^{19}$
ג. $T_{1/2}=45\,days$ ד. $T=299\,days$

15. א. $\alpha=3g/2L$ ב. $a=7.5\,m/sec^2$ ג. $\omega=\sqrt{3g/L}$

16. א. $\omega=\frac{mv}{(m+M/2)\cdot R}$ ב. $E_{K1}=\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$ $E_{K2}=\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2\cdot\frac{m}{m+M/2}$
ג. $\omega=0$ ד. התנע הקווי לא נשמר

17. א. הפרשי מופע. ב. $R_L=219.8\,\Omega$ $L=0.79\,H$ ג. $\varphi_L=48.5^0$

18. א. $\varphi_C=90^0$ $I_C=0.6\,A$ ב. $\varphi_L=-37^0$ $I_L=0.48\,A$ ג. לא. הפרשי מופע.

19. א. $4\,cmHg$ ב. $P=2.75\,cmHg$ (1) $P=67.25\,cmHg$ (2)

20. א. $v=4\,m/sec$ ב. $P=2.58\,N/m^2$ ג. $P=3\cdot10^5\,N/m^2$

21. א. $T=300^0K$ ב. לא ג. $\Delta S=14.34\,J/K^0$ ד. נכון רק לתהליך הפיך.

22. ג. $T=159.2^0K$ (1) $W=15{,}008\,J$ (2)

23. א. $u=1.2c$ (1) $u=0.88c$ (2) ב. $\Delta t=5\cdot10^{-4}sec$
ג. $\Delta t_0=4\cdot10^{-4}sec$

24. א. $\vec{p}_\nu=-\vec{p}_\mu$ ב. קטנה מ- $\Delta(mc^2)$ ג. $E=30\,MeV$

25. א. $x=2\cdot10^{-3}m$ ב. $5\cdot10^6\frac{kg}{sec\cdot m^2}$; $Z=4\cdot10^5\frac{kg}{sec\cdot m^2}$
ג. $I=I_0\cdot9.6\cdot10^{-8}$

26. א. $Te_D=3.43\,hr$; $Te_C=4\,hr$; $Te_B=3\,hr$ ב. B ג. C ד. B

27. א. $T=5800^0K$ ב. $L=3.95\cdot10^{26}W$

28. א. $v=0.0477c$ ב. $r=286.6\,Mpc$ ג. $M=2.11\cdot10^{41}kg$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. (1) מהסתכלות בגרף רואים שהמהירות האופקית של הגוף היא קבועה. בכל שניה גדל ההעתק של הגוף ב-3m. מהירות הגוף, לכן, היא:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{3}{1} = 3\ \frac{m}{sec}$$

(2) את תאוצת הנפילה החופשית נמצא מנתוני ציר Y.

נוסחת ההעתק של נפילה חופשית היא: $y = \frac{1}{2}\cdot g'\cdot t^2$

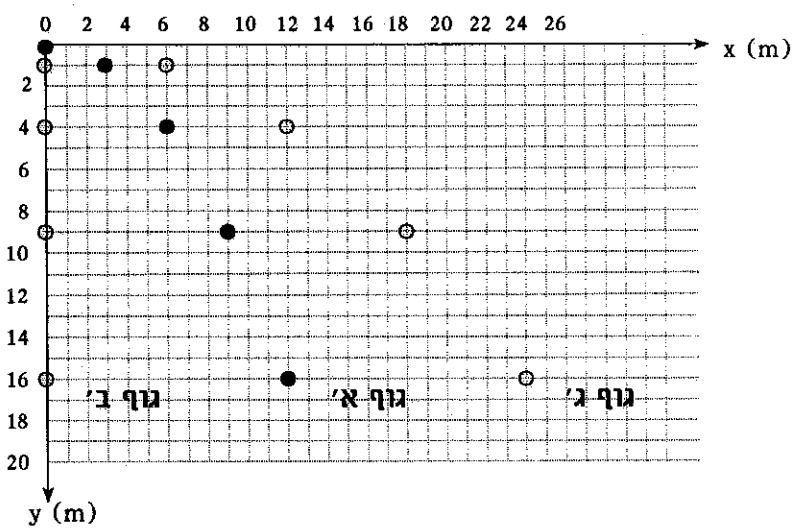
מכאן: $g' = \frac{2\cdot y}{t^2}$

נבחר את אחד המצבים, למשל: $y=1m\ ;\ t=1sec$, ונציב:

$$g' = \frac{2\cdot 1}{1^2} = 2\ \frac{m}{sec^2}$$

תאוצת הכובד על פני הכוכב היא: $2\ \frac{m}{sec^2}$.

ב.

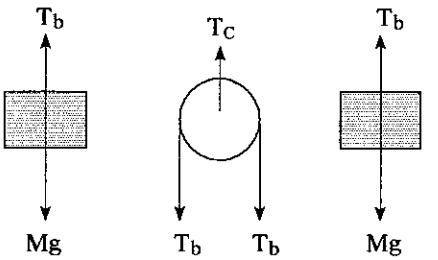


מכיוון שקצב הירידה מטה נקבע על פי ציר ה-Y בלבד, לא יהיה הבדל בין שלושת הגופים שיצאו כולם ללא מהירות התחלתית בציר זה. לכן, בכל רגע ורגע הם נמצאים שלושתם באותו הגובה. ההבדל הוא במרחק האופקי שהם מתקדמים בכל שניה, הנקבע על פי המהירות ההתחלתית.

ג. כיוון ווקטור שינוי המהירות $\Delta\vec{v}$ הוא תמיד כיוון התאוצה $\vec{a}$. התאוצה של הגוף נגרמת, במיקרה זה, רק בגלל תאוצת הכובד $\vec{g}$ שכיוונה הוא כלפי מטה, ולכן כיוון הווקטור $\Delta\vec{v}$ הוא כלפי מטה.

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. נשרטט תרשים כוחות לשלושת הגופים בבעיה:



הגוף הימני והגוף השמאלי נמצאים בשיווי משקל כי הכוח החיצוני השקול הפועל על המערכת כולה שווה לאפס $(Mg - Mg = 0)$.

מתרשים הכוחות לאורך הגופים, נקבל: $\Sigma \vec{F}_Y = 0$

$T_b - Mg = 0$

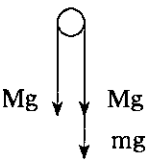
(1) המתיחות בחוט b היא, לכן: $T_b = Mg$

מתרשים כוחות לגלגלת, הנמצאת גם היא בשיווי משקל, נקבל: $\Sigma \vec{F}_Y = 0$

$T_C - 2 \cdot T_b = 0$

(2) המתיחות בחוט c היא, לכן: $T_C = 2 \cdot T_b = 2 \cdot Mg$

ב. (1) כדי למצוא את תאוצת הגוף m, ניתן להסתכל על כל המערכת כגוף אחד, (אי אפשר לעשות זאת כאשר תאוצת הגופים לא זהה).
על המערכת פועלים שלושה כוחות חיצוניים: $Mg + mg$ מטה כך שהמסות ינועו ימינה ו-Mg מטה כך שהמסות ינועו שמאלה.



נרשום את החוק השני של ניוטון לגבי כל המערכת: $\Sigma \vec{F} = (\Sigma m) \cdot a$

$Mg + mg - Mg = (M + M + m) \cdot a$

נבודד את a: $a = \frac{m}{2M + m} \cdot g$

מכיוון שתאוצת הכובד g מוכפלת באיבר הקטן מ-1: $\frac{m}{2M + m} < 1$

כי המונה קטן מהמכנה, התאוצה a קטנה מתאוצת הכובד: $a < g$

(2) התאוצה תהיה שווה מכיוון שהמעלית היא מערכת אינרציאלית שנעה במהירות קבועה וחוקי ניוטון זהים בכל המערכות האינרציאליות.

ג. המסה M נעה לאחר ניתוק המסה m במהירות קבועה, מכיוון שהיא שוב במצב שיווי משקל, כפי שהיתה לפני חיבור המסה m.
במצב שיווי משקל, על פי החוק הראשון של ניוטון, הגוף נשאר במצבו הקודם, היינו מנוחה או מהירות קבועה בקו ישר.

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. האנרגיה המכנית אינה נשמרת כי כמות רבה של אנרגיה הופכת לחום.

ב. לשאלה שני חלקים: בחלק הראשון מתרחשת התנגשות פלסטית בין הקליע לבול העץ. האנרגיה המכנית לא נשמרת בחלק זה, אבל התנע הקווי כן נשמר, כמו בכל התנגשות.
בחלק השני עולה בול העץ, יחד עם הקליע לגובה מסוים. בחלק זה נשמרת האנרגיה המכנית הכללית.
נמצא את המהירות המשותפת של בול העץ והקליע, מיד לאחר ההתנגשות.
שימור התנע הקווי בהתנגשות: $m\cdot v + M\cdot 0 = (m + M)\cdot U$

$$U = \frac{m\cdot v}{m + M} = \frac{0.02\cdot 500}{0.02 + 9.98} = 1\,\frac{m}{sec}$$

נמצא את שיא הגובה בעזרת שימור האנרגיה המכנית בין נקודת תחילת העליה (מצב 1) לבין נקודת שיא הגובה (מצב 2).
נבחר את מישור היחוס לחישוב האנרגיה המכנית הכובדית בנקודת תחילת העליה.
האנרגיה המכנית הכללית במצב 1 היא:

$$E_1 = E_{K\,1} + U_{G\,1} = \frac{1}{2}\cdot(m + M)\cdot U^2 + 0$$

האנרגיה המכנית הכללית במצב 2 היא:

$$E_2 = E_{K\,2} + U_{G\,2} = 0 + (m + M)\cdot g\cdot h$$

שימור האנרגיה המכנית הכללית בין שתי הנקודות נותן: $E_1 = E_2$

$$\frac{1}{2}\cdot(m + M)\cdot U^2 = (m + M)\cdot g\cdot h$$

מכאן:

$$h = \frac{U^2}{2\cdot g} = \frac{1^2}{2\cdot 10} = 0.05\,m$$

ג. המתיחות בחוט אינה מבצעת עבודה (אחרת האנרגיה המכנית לא היתה נשמרת במהלך העליה) מכיוון שהזווית בין המתיחות בחוט ובין כיוון ההתקדמות היא תמיד 90^0 (הזווית בין רדיוס ומשיק) וכאשר הזווית היא 90^0 לא מתבצעת עבודה, לפי נוסחת העבודה: $W = F\cdot\cos(\alpha)\cdot x$

$$\alpha = 90^0 \implies W = F\cdot\cos(90^0)\cdot x = 0$$

ד. הגובה אליו עולה בול העץ הוא קטן מאד ביחס לאורך החוט $2 >> 0.05$
כך שהזווית הנוצרת היא קטנה. $h = R\cdot(1 - \cos(\theta))$

$$\cos(\theta) = 1 - \frac{h}{R} = 1 - \frac{0.05}{2} = 0.975 \implies \theta = 12.84^0$$

מכיוון שהזווית קטנה ניתן להתייחס לתנועת הבול עם הקליע כחלק מתנועה שבקירוב היא תנועה הרמונית של מטוטלת מתמטית.
הזמן מנקודת המינימום לנקודת שיא הגובה היא רבע מזמן מחזור אחד.

$$t = \frac{T}{4} = \frac{1}{4}\cdot 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{L}{g}} = \frac{\pi}{2}\cdot\sqrt{\frac{2}{9.8}} = 0.71\,sec$$

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. נמצא את מהירות הגוף בנקודה C בעזרת שיקולי אנרגיה. (האנרגיה המכנית נשמרת, כי הכוח החיצוני היחיד הוא הכוח הנורמלי המאונך תמיד לכיוון התנועה). נשווה את האנרגיה המכנית הכללית בנקודה A בה שוחרר הגוף ממנוחה (מצב 1) לנקודה C (מצב 2).
נבחר את מישור היחוס לחישוב האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית בתחתית המסלול.
האנרגיה המכנית הכללית במצב 1 היא:

$$E_1 = E_{K\,1} + U_{G\,1} = 0 + m\cdot g\cdot R$$

האנרגיה המכנית הכללית במצב 2 היא:

$$E_2 = E_{K\,2} + U_{G\,2} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_C^2 + m\cdot g\cdot r$$

שוויון האנרגיה המכנית בין שני המצבים נותן: $E_1 = E_2$

$$m\cdot g\cdot R = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_C^2 + m\cdot g\cdot r$$

נבודד את v_C ונקבל: $v_C = \sqrt{2\cdot g\cdot (R - r)}$

כיוון המהירות משיק לכיוון התנועה ולכן בנקודה C הוא ישירות כלפי מעלה.

ב. (1) התאוצה הרדיאלית היא בכיוון מרכז הסיבוב (כיוון אופקי ב-C) שרדיוסו r, וגודלה הוא:

$$a_R = \frac{v^2}{r} = \frac{2\cdot g\cdot (R - r)}{r}$$

(2) התאוצה המשיקית נגרמת בגלל רכיב המשקל mg בכיוון מקביל לכיוון התנועה. בנקודה C כיוון הכוח mg הוא הפוך כולו לכיוון התנועה וכן התאוצה המשיקית היא: $a_T = -g$

ג. כדי שהגוף לא יתנתק מהמסילה המעגלית, מהירותו בנקודה D צריכה להיות גדולה מן המהירות הקריטית. מהירות זו היא המהירות בה הכוח הצנטריפטלי מסופק כולו על ידי המשקל, והכוח הנורמלי שווה לאפס:

$$mg = m\cdot\frac{v^2}{r} \quad \Longrightarrow \quad v = \sqrt{g\cdot r}$$

נציב את הערך הגבולי: $v_D = \sqrt{g\cdot r}$

נשווה את האנרגיה המכנית בין הנקודות A (מצב 1) ו-D (מצב 2):
האנרגיה המכנית הכללית במצב 1 היא:

$$E_1 = E_{K\,1} + U_{G\,1} = 0 + m\cdot g\cdot R$$

האנרגיה המכנית הכללית במצב 2 היא:

$$E_2 = E_{K\,2} + U_{G\,2} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_D^2 + m\cdot g\cdot 2r$$

שוויון האנרגיה המכנית בין שני המצבים נותן: $E_1 = E_2$

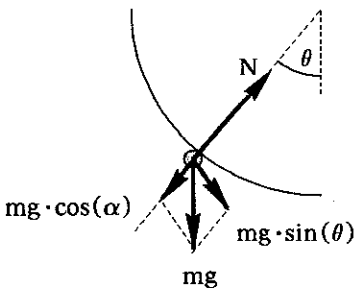
$$m \cdot g \cdot R = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_D^2 + m \cdot g \cdot 2r$$

נבודד את v_D ונקבל: $v_D = \sqrt{2 \cdot g \cdot (R - 2r)}$

נשווה ערך זה למהירות הקריטית: $\sqrt{2 \cdot g \cdot (R - 2r)} = \sqrt{g \cdot r}$

$$2 \cdot (R - 2r) = r \Longrightarrow 2R - 4r = r \Longrightarrow 2R = 5r \Longrightarrow \frac{R}{r} = \frac{5}{2} = 2.5$$

ד. תרשים הכוחות הפועלים על הגוף, כאשר הוא יורד בקטע המסילה AB הוא:



הכוח המשיק למסילה (כיוון X) הוא: $mg \cdot \sin(\theta)$

כדי שכוח זה יהיה שווה לשקול הכוחות הפועלים על הגוף, צריך שקול הכוחות בכיוון Y להתאפס.

אבל, שקול הכוחות בכיוון Y הוא בכיוון מרכזה של תנועה מעגלית ושווה לכן, לכוח הצנטריפטלי השקול. (אם לא היה כוח צנטריפטלי היה הגוף נע בקו ישר ולא בקטע של מעגל).

$$\Sigma \vec{F}_Y = m \cdot a_R = m \cdot \frac{v^2}{R} \neq 0$$

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. את משרעת התנועה נמצא ישירות מהגרף. מכיוון שהגוף מתנודד בין שתי נקודות הנמצאות $\pm 15\,cm$ מנקודת שיווי המשקל, המשרעת היא:

$A = 15\,cm = 0.15\,m$

ב. הזמן בין שתי נקודות זהות של התנועה (למשל שתי נקודות שבהן הגוף בנקודה $y=A$) הוא $1.2\,sec$ וזהו זמן של מחזור אחד: $T = 1.2\,sec$

תדירות התנועה היא: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.2} = 0.833\ Hz$

ג. נוסחת זמן המחזור של תנועה הרמונית היא: $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$

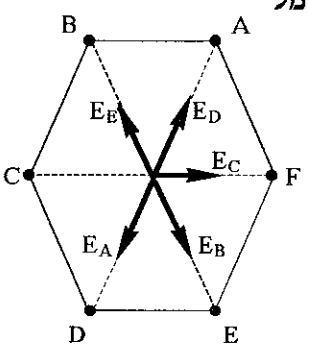
מכאן: $k = m \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} = 0.8 \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{1.2^2} = 21.93\,N/m$

ד. מהירות המשקולת מתאפסת בנקודות הקצה $\pm A$. הדבר מתרחש ברגעי הזמן הבאים: $t = 0.6\,sec\ ;\ 1.2\,sec$
(התאפסות המהירות היא התאפסות נגזרת ההעתק, ולכן גרפית היא התאפסות המשיק לגרף)

ה. תאוצת המשקולת מתאפסת בנקודת שיווי המשקל, היינו בנקודת ראשית הצירים. הדבר מתרחש ברגעי הזמן הבאים: $t = 0.3\,sec\ ;\ 0.9\,sec$

ו. הסימן של הכוח השקול בתנועה הרמונית הפוך, תמיד לסימן ההעתק:
$\Sigma\vec{F} = -K\cdot\vec{x}$
ברגע $t=1\,sec$ ההעתק הוא שלילי ולכן הכוח השקול הוא חיובי.
הכיוון החיובי נקבע כלפי מעלה, ולכן כיוון הכוח השקול ברגע זה הוא כלפי מעלה.

פיתרון מספר 6 - חשמל



א. השדה החשמלי בנקודה O נגרם, בעיקרון, בגלל חמשת המטענים שבקודקודים השונים. אבל, השדה החשמלי מן המטען A מתבטל עם השדה החשמלי מן המטען D והשדה החשמלי מן המטען B מתבטל עם השדה החשמלי מן המטען E, כך שהשדה החשמלי שנשאר הוא רק השדה החשמלי של המטען C, שכיוונו הוא ל-F וגודלו:
$$E = E_C = K\cdot\frac{Q}{a^2}$$

ב. העבודה בהעברת מטען מאינסוף לנקודה שווה למכפלת הפוטנציאל בנקודה, במטען שהובא: $W = Q\cdot V_O$
נחשב את הפוטנציאל בנקודה O על ידי חיבור סקלארי של הפוטנציאלים הנגרמים על ידי חמשת המטענים:
$$V_O = 5\cdot K\cdot\frac{Q}{a}$$
העבודה היא, לכן:
$$W = Q\cdot V_O = 5\cdot K\cdot\frac{Q^2}{a}$$

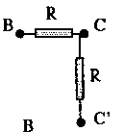
ג. (1) לאחר העברת המטען לנקודה F מבטל השדה החשמלי מן המטען בנקודה F את השדה החשמלי מן המטען בנקודה C, כך שהשדה החשמלי הכללי בנקודה O מתאפס.

(2) דרושה עבודה מכיוון שהפוטנציאל בנקודה אינו שווה לאפס, אלא שווה ל:
$$V_O = 6\cdot K\cdot\frac{Q}{a}$$

ד. במיקרה זה הפוטנציאל החשמלי בנקודה O יהיה שווה לאפס, מכיוון שהוא יהיה מורכב מסכום של שלושה פוטנציאלים חיוביים ושלושה פוטנציאלים שליליים שיבטלו זה את זה.

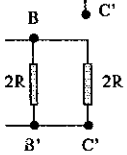
פיתרון מספר 7 - חשמל

א. נתחיל את חישוב ההתנגדות השקולה מן הצד הרחוק ממקור המתח. נתאר כל נגד בעזרת שתי האותיות משני צידיו.



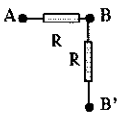
הנגד 'CC והנגד BC מחוברים בטור:

$$R_{BC'} = R_{BC} + R_{CC'} = R + R = 2\cdot R$$



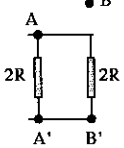
הנגד 'BC והנגד 'BB מחוברים במקביל:

$$R_{T\,BC'} = \frac{R_{BB'}\cdot R_{BC'}}{R_{BB'} + R_{BC'}} = \frac{2R\cdot 2R}{2R + 2R} = R$$



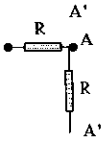
הנגד השקול בין B ל-'B מחובר בטור לנגד AB:

$$R_{T\,AB'} = R_{AB} + R_{T\,BC'} = R + R = 2\cdot R$$



הנגד השקול בין A ל-'B מחובר במקביל לנגד 'AA:

$$R_{T\,AA'} = \frac{R_{AA'}\cdot R_{T\,AB'}}{R_{AA} + R_{T\,AB'}} = \frac{2R\cdot 2R}{2R + 2R} = R$$



הנגד השקול בין A ל-'A מחובר בטור לנגד האחרון:

$$R_T = R + R_{T\,AA'} = R + R = 2\cdot R$$

ההתנגדות החיצונית השקולה שווה ל-$2\cdot R$.

ב. נשתמש בנוסחה:

$$\epsilon = I_T\cdot(R_T + r)$$

נבודד את R_T:

$$R_T = \frac{\epsilon}{I_T} - r$$

הנתונים הם:

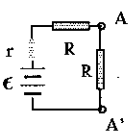
$$\epsilon = 34\,V\ ;\ r = 3\,\Omega\ ;\ I_T = \frac{2}{3}\,A$$

נציב ונקבל:

$$R_T = \frac{34}{2/3} - 3 = 48\,\Omega$$

$$R_T = 2\cdot R \implies R = \frac{R_T}{2} = \frac{48}{2} = 24\,\Omega$$

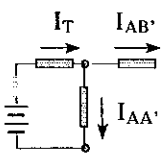
ג. המתח בין הנקודות A ו-'A שווה להפרש בין מתח מקור המתח והמתח על ההתנגדות הפנימית והנגד R שבהם זורם הזרם הכללי במעגל:



$$U_{AA'} = \epsilon - U_r - U_R = \epsilon - I_T\cdot r - I_T\cdot R$$

$$U_{AA'} = 34 - \frac{2}{3}\cdot 3 - \frac{2}{3}\cdot 24 = 16\,V$$

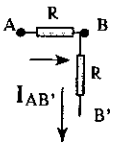
ד. הזרם האמיתי הזורם בקטע 'AA הוא:



$$I_{AA'} = \frac{U_{AA'}}{R_{AA'}} = \frac{16}{2\cdot R} = \frac{16}{48} = \frac{1}{3}\,A$$

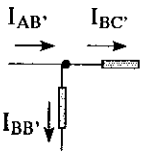
הזרם שזורם לשאר המעגל הוא ההפרש בין הזרם הכללי והזרם בקטע AA':

$$I_{AB'} = I_T - I_{AA'} = \frac{2}{3} - \frac{1}{3} = \frac{1}{3}A$$



זרם זה זורם גם בנגד השקול בין B ל-B':
(יש לשים לב לכך שזהו הזרם דרך הנגד השקול בין הנקודות שהוא נגד של R ולא הזרם בפועל בנגד BB' שהוא נגד של 2R)
לכן המתח בין הנקודות B ו-B' הוא:

$$U_{BB'} = I_{AB'} \cdot R_{T\,BB'} = \frac{1}{3} \cdot R = \frac{1}{3} \cdot 24 = 8\,V$$



הזרם האמיתי הזורם בנגד BB' הוא:

$$I_{BB'} = \frac{U_{BB'}}{R_{BB'}} = \frac{8}{2 \cdot R} = \frac{8}{48} = \frac{1}{6}A$$

בקטע BC' הזרם הוא ההפרש בין הזרם AB' והזרם BB':

$$I_{BC'} = I_{AB'} - I_{BB'} = \frac{1}{3} - \frac{1}{6} = \frac{1}{6}A$$

זרם זה זורם גם בנגד CC' ולכן המתח עליו הוא:

$$U_{CC'} = I_{BC'} \cdot R_{CC'} = \frac{1}{6} \cdot R = \frac{1}{6} \cdot 24 = 4\,V$$

(מכיוון שכל התפצלות זרם היא התפצלות לשני נגדים זהים אפשר לפתור את השאלה מהר יותר משיקולי סימטריה, אבל העדפנו לפתור בדרך הכללית המתאימה גם לצירופי נגדים מסובכים יותר)

ד. גם לאחר חיבור התוספת נשארה ההתנגדות השקולה החיצונית של המעגל 2R, כך שלא יחול שינוי בזרם הכללי במעגל. ההבדל היחיד הוא שבנקודה C יחול פיצול נוסף של הזרם. עד לנקודה זו אין הבדל בין המעגלים.

פיתרון מספר 8 - חשמל

א. הקיבול השקול של שני קבלים המחוברים בטור הוא:

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{8 \cdot 24}{8 + 24} = 6\,\mu F$$

המטען על הקבל השקול הוא: $Q_T = U \cdot C_T = 60 \cdot 6 \cdot 10^{-6} = 3.6 \cdot 10^{-4} C$

מטען זה הוא גם המטען על כל אחד מהקבלים המחוברים בטור.
(1) המתח על כל קבל הוא, לכן:

$$U_1 = \frac{Q_T}{C_1} = \frac{3.6 \cdot 10^{-4}}{8 \cdot 10^{-6}} = 45\,V \quad ; \quad U_2 = \frac{Q_T}{C_2} = \frac{3.6 \cdot 10^{-4}}{24 \cdot 10^{-6}} = 15\,V$$

(לביקורת ניתן לבדוק שסכום המתחים הוא 60 V)

(2) האנרגיה החשמלית הכוללת היא:

$$E = \frac{1}{2}\cdot C_T\cdot U^2 = \frac{1}{2}\cdot 6\cdot 10^{-6}\cdot 60^2 = 0.0108\,J$$

(אפשר כמובן לחשב בנפרד את האנרגיה של כל קבל ולחבר)

ב. הקיבול של הקבל C_2 קטן. לפני הוצאת החומר הדיאלקטרי היה הקיבול שלו המכפלה של הקיבול ללא החומר הדיאלקטרי ($C_{2\,0}$) במקדם הדיאלקטרי:

$$C_2 = \epsilon_r\cdot C_{2\,0}$$

ולכן, הקיבול לאחר הוצאת החומר הדיאלקטרי הוא:

$$C_{2\,0} = \frac{C_2}{\epsilon_r} = \frac{24\cdot 10^{-6}}{3} = 8\cdot 10^{-6} = 8\,\mu F$$

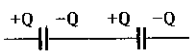
(1) מאחר ושני הקבלים עכשיו הם קבלים זהים מתחלק המתח עליהם שווה בשווה (לא נפתור את המיקרה הכללי כי בסעיף א' כבר פתרנו אותו)

ולכן: $U_1 = U_2 = 30\,V$

(2) האנרגיה החשמלית הכוללת היא:

$$E = 2\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot C\cdot U_1^2\right) = 8\cdot 10^{-6}\cdot 30^2 = 7.2\cdot 10^{-3}\,J$$

ג. כמות המטען על כל קבל נשארת קבועה.



מכיוון שהשתנה הקיבול של הקבל C_2 ישתנה המתח עליו, בעוד שהמתח על הקבל C_1 ישאר ללא שינוי.

המטען על הקבל C_2 הוא: $Q_2 = U_2\cdot C_{2\,0} = 30\cdot 8\cdot 10^{-6} = 2.4\cdot 10^{-4}\,C$

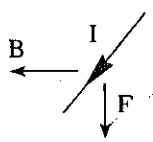
המתח על הקבל, לאחר הגדלת הקיבול, שוב, ל- $24\,\mu F$, הוא:

$$U_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{2.4\cdot 10^{-4}}{24\cdot 10^{-6}} = 10\,V$$

המתח על הקבל C_1 נשאר, כאמור ללא שינוי: $U_1 = 30\,V$

פיתרון מספר 9 - חשמל

א. כיוון הכוח שמפעיל השדה המגנטי על התיל הוא כלפי מטה, כדי לאזן את משקל הסיכות.

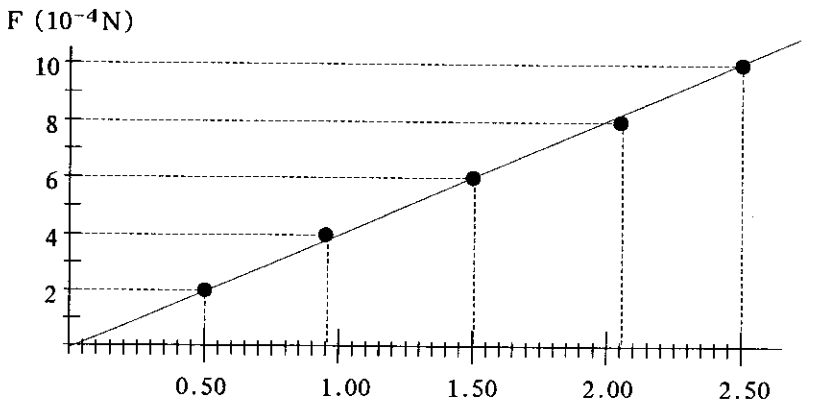


על פי כללי יד ימין, השדה המגנטי צריך להיות מכיוון y לכיוון x כדי שהכוח יהיה כלפי מטה.

ב. נוסיף לטבלה בנוסף למספר הסיכות גם את משקלם (נמדד בניוטון)

מספר הסיכות N	1	2	3	4	5
$N\cdot mg$ $(10^{-4}N)$	2	4	6	8	10
עוצמת הזרם I (A)	0.500	0.950	1.50	2.05	2.50

משקל הסיכות שווה לכוח המגנטי כי המסגרת מאוזנת בשיווי משקל.
נשתמש לכן בנתוני משקל הסיכות לציור הגרף:



ג. נעביר, בעזרת העין, קו הקרוב ביותר אל הנקודות ששרטטנו. כדי למצוא מהגרף את השיפוע נבחר שתי נקודות הנמצאות ממש על הקו (אם אין נקודות מדידה אפשר להשתמש בנקודות על הקו עצמו).
במיקרה שלנו נבחר, למשל, את הנקודות:
$I_1=0.5\,A$; $F_1=2\cdot10^{-4}N$; $I_2=2\,A$; $F_2=8\cdot10^{-4}N$
(אפשר להשתמש גם בראשית הצירים למשל, אבל מכיוון שתמיד עדיף להשתמש בנקודות מדידה אמיתיות בחרנו כפי שבחרנו)

השיפוע הוא:

$$a = \frac{\Delta F}{\Delta I} = \frac{F_2 - F_1}{I_2 - I_1} = \frac{8\cdot10^{-4} - 2\cdot10^{-4}}{2 - 0.5} = 4\cdot10^{-4}\,\frac{N}{A}$$

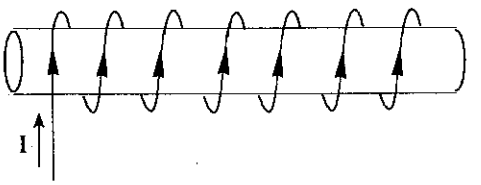
ה. הכוח המגנטי הפועל על התיל הוא: $F_B = I\cdot B\cdot L\cdot\sin(90^0) = I\cdot B\cdot L$

על פי משוואת הקו הישר: $y = ax + b$ אנחנו רואים שהמקדם המכפיל את I (שהוא המשתנה הבלתי תלוי המחליף את x) הוא $B\cdot L$ וזהו שיפוע הגרף.
$a = B\cdot L$

$$B = \frac{a}{L} = \frac{4\cdot10^{-4}}{0.02} = 0.02\,T$$

פיתרון מספר 10 - חשמל

א. את קביעת כיוון הזרם בתוך הסליל נוח לעשות בעזרת התיל הישר המוביל את הזרם לסליל. בתיל זה הזרם הוא כלפי מעלה. מכיוון שהתיל נמצא לפני הסליל, כיוון השדה המגנטי שהוא יוצר בתוך הסליל, הוא על פי כלל יד ימין בכיוון שמאל. זהו לכן כיוון השדה המגנטי בתוך התיל.



(1) אם סגירת המפסק, הולך וגדל השדה המגנטי בכיוון שמאל. בסליל המישני יש לכן שטף מגנטי בכיוון שמאל, ההולך וגדל.
שינוי השטף המגנטי בסליל המישני הוא, לכן, בכיוון שמאל. (כיוון שינוי השטף שווה לכיוון השטף כאשר השטף גדל)
השדה המגנטי המושרה שיווצר בסליל המישני הוא, על פי חוק לנץ, בכיוון הפוך לכיוון שינוי השטף, היינו בכיוון ימין.
כדי שיווצר שדה מגנטי בכיוון ימין צריך הזרם בתיל השמאלי להיות בכיוון מטה, כך שהזרם בסליל המישני הוא מ-y ל-x.

(2) כאשר מזיזים את הזחיח לכיוון P מגדילים את התנגדות הנגד R_S, ולכן מקטינים את הזרם במעגל. השדה המגנטי שמאלה קטן, וכיוון שינוי השטף בסליל המישני הפוך עכשיו לכיוון השטף, היינו הוא בכיוון ימין.
השדה המגנטי המושרה שיווצר בסליל המישני הוא, על פי חוק לנץ, בכיוון הפוך לכיוון שינוי השטף, היינו בכיוון שמאל.
כדי שיווצר שדה מגנטי בכיוון שמאל צריך הזרם בתיל השמאלי להיות בכיוון מעלה, כך שהזרם בסליל המישני הוא מ-x ל-y.

ב. נחשב את שינוי השטף המגנטי בסליל המישני.

השטף הראשון, כאשר המפסק פתוח הוא אפס: $\Phi_1 = 0$

השטף לאחר זמן Δt הוא: $\Phi_2 = N_2 \cdot B \cdot S$

השטח הוא שטח הסליל: $S = \pi \cdot a^2$

השדה המגנטי הוא השדה המגנטי של סילונית ארוכה:

$$B = \mu_0 \cdot \frac{N_1 \cdot I}{L}$$

שינוי השטף המגנטי הוא: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot N_2 \cdot I \cdot \pi \cdot a^2}{L}$

בסליל המישני נוצר זרם מושרה עקב הכ.א.מ. המושרה:

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

נציב את הביטוי לשינוי השטף המגנטי ונקבל:

$$I = \frac{1}{R}\cdot\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\mu_0\cdot N_1\cdot N_2\cdot I\cdot\pi\cdot a^2}{R\cdot L\cdot\Delta t}$$

$$I = \frac{4\cdot\pi^2\cdot 10^{-7}\cdot 500\cdot 20\cdot 0.5\cdot 0.02^2}{12\cdot 0.2\cdot 4\cdot 10^{-4}} = 8.22\cdot 10^{-3}\,A = 8.22\,mA$$

ג. עובר זרם כל הזמן דרך הנגד R. מקרו המתח המשתנה יוצר כל הזמן זרם משתנה (זרם חילופין) ולכן עוצמת השדה המגנטי בסליל משתנה ואיתה השטף המגנטי דרך הסליל המישני. שינוי השטף המגנטי בסליל המישני גורם ליצירת כ.א.מ. מושרה ובגללו לזרם מושרה.
(גם זרם זה הוא זרם חילופין)

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. (1) עדשת העין היא עדשה משתנה. עם שינוי מרחק המוקד של העדשה ניתן ליצור דמות ממשית על הרישתית לתחום רחב של מיקומי גוף.
(2) לא. גודל הדמות הנוצרת על הרישתית תלוי במרחק הגוף ממנה. שני גופים יכולים להיות שווים בגודלם על הרישתית ושונים בגודלם האמיתי אם הם נמצאים במרחקים שונים מן הרישתית.

ב. לא. כל העצמים הנמצאים במרחק קטן מ-25 cm לא יראו לאדם בבירור.

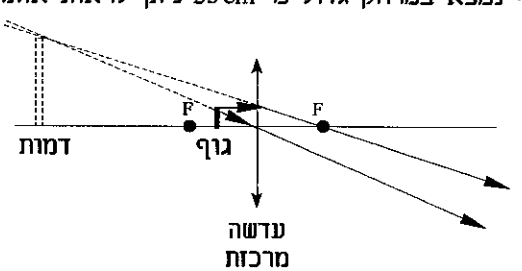
ג. הנתונים הם: $f = 10\,cm\ ;\ u = 8\,cm$

נחשב את הדמות הנוצרת בעזרת נוסחת העדשות: $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{v} + \frac{1}{8} \implies v = -40\,cm$$

(1) נוצרה דמות מדומה במרחקה 40 cm מהעין. דמות זו מהווה גוף לגבי העין. מכיוון שהגוף נמצא במרחק גדול מ-25 cm ניתן לראות אותו בבירור.

(2)



ד. ההגדלה הזוויתית היא היחס בין מרחק הראיה הקרובה (25 cm) ומיקום הגוף:

$$M = \frac{25}{u} = \frac{25}{8} = 3.125$$

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. כדי שבנקודה A נקבל עוצמת קול מקסימלית חייבת להיווצר שם התאבכות בונה. זו תיווצר אם הפרש הדרכים משני המקורות יהיה מספר שלם של אורכי גל.

הפרש הדרכים הוא: $\Delta x = \overline{S_2A} - \overline{S_1A} = \sqrt{12^2+5^2} - 12 = 1\,m$

התנאי להתאבכות בונה הוא: $\Delta x = n\cdot\lambda$

הקשר בין התדירות ואורך הגל, ניתן בנוסחת הגלים: $v = \lambda\cdot f$

נבודד את התדירות ונציב את תנאי ההתאבכות הבונה: $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\Delta x}\cdot n$

נציב את הערכים: $f = \frac{1500}{1}\cdot n = 1500\cdot n$

התדירות המתאימה תהיה בתחום שבין 2500 Hz ו-5000 Hz כאשר n=2 וכאשר n=3. במיקרים אלו התדירות היא:

$f_2 = 1500\cdot 2 = 3000\,Hz \quad ; \quad f_3 = 1500\cdot 3 = 4500z$

ב. כדי שעוצמת האור תהיה מינימלית הפרש הדרכים צריך להיות מספר אי-זוגי שלם של מחצית אורך הגל.

התנאי להתאבכות הורסת הוא, לכן: $\Delta x = (n + \frac{1}{2})\cdot\lambda$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{\Delta x}\cdot(n + \frac{1}{2}) = \frac{1500}{1}\cdot(n + \frac{1}{2})$$

כאשר n=2 נקבל: $f = 1500\cdot(2 + \frac{1}{2}) = 3750\,Hz$

ג. מכיוון שאין הפרש דרכים עד לנקודה הנמצאת על האנך האמצעי, הפרש המופע נוצר כולו על ידי הפרש הזמנים.

הפרש מופע של מחצית אורך גל נוצר בהפרש זמנים של מחצית המחזור.

$$t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2\cdot f} = \frac{1}{2\cdot 4000} = 1.25\cdot 10^{-4}\,sec$$

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. (1) רמת האנרגיה הדרושה ליינון אטום ההליום שווה לערך המוחלט של רמת האנרגיה של מצב היסוד.

$$E = \frac{4\cdot 13.6}{1^2} = 54.4\,eV$$

(2)

$$E = \frac{12,400}{\lambda} \Longrightarrow \lambda = \frac{12,400}{E} = \frac{12,400}{54.4} = 228\,\text{Å}$$

ב. האנרגיה של הקרינה האלקטרומגנטית היא בתחום הבא:

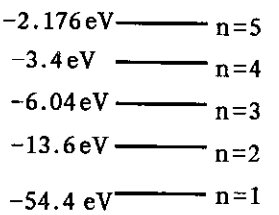
$$E_1 = \frac{12,400}{240} = 51.67\,eV \quad ; \quad E_2 = \frac{12,400}{500} = 24.8\,eV$$

רמות האנרגיה של אטום ההליום הן:

$$E_1 = -54.4\,eV \; ; \; E_2 = -\frac{54.4}{2^2} = -13.6\,eV \; ;$$

$$E_3 = -\frac{54.4}{3^2} = -6.04\,eV \; ; \; E_4 = -\frac{54.4}{4^2} = -3.4\,eV$$

$$E_5 = -\frac{54.4}{5^2} = -2.176\,eV$$



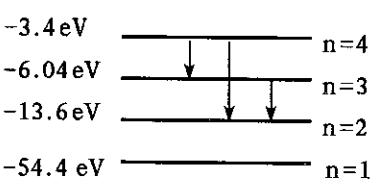
מכיוון שאין בליעה של אטום מעורר, ספקטרום הבליעה מכיל רק אפשרויות עליה מרמת היסוד:

$$E_2 - E_1 = -13.6 - (-54.4) = 40.8\,eV$$
$$E_3 - E_1 = -6.04 - (-54.4) = 48.36\,eV$$
$$E_4 - E_1 = -3.4 - (-54.4) = 51\,eV$$
$$E_5 - E_1 = -2.176 - (-54.4) = 52.224\,eV$$

רק לשלוש האפשרויות הראשונות יש מספיק אנרגיה.

$$\lambda_1 = \frac{12,400}{40.8} = 303.9\,\text{Å} \; ; \; \lambda_2 = \frac{12,400}{48.36} = 256.4\,\text{Å} \; ; \; \lambda_3 = \frac{12,400}{51} = 243.1\,\text{Å}$$

ג. האטומים עוררו עד לרמה הרביעית, כך שבספקטרום הפליטה יהיו עוד שלושה אורכי גל אפשריים:



$$E_4 - E_3 = -3.4 - (-6.04) = 2.64\,eV$$
$$E_4 - E_2 = -3.4 - (-13.6) = 10.2\,eV$$
$$E_3 - E_2 = -6.04 - (-13.6) = 7.56\,eV$$

אורכי הגל הם:

$$\lambda_4 = \frac{12,400}{2.64} = 4697\,\text{Å} \; ; \; \lambda_5 = \frac{12,400}{10.2} = 1216\,\text{Å} \; ; \; \lambda_6 = \frac{12,400}{7.56} = 1640\,\text{Å}$$

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. בהתפרקות β^- הופך נויטרון אחד לפרוטון ומשתחרר אלקטרון:

$n \rightarrow p + e^-$

המספר האטומי (מספר הפרוטונים) גדל ב-1 והמסה האטומית (מספר הפרוטונים + מספר הנויטרונים) נשאר קבוע:

$$X_{26}^{59} \longrightarrow Y_{27}^{59}$$

מספר המסה הוא 59 והמספר האטומי הוא 27.

ב. (1) מן הגרף אנחנו רואים שלאחר 30 יום נשארו $6.25 \cdot 10^{19}$ גרעינים.

(2) מן הגרף ניתן לראות שלאחר 45 יום נשארה מחצית מכמות הגרעינים המקורית ולכן זמן מחצית החיים הוא 45 יום.

(3) נוסחת ההתפרקות של איזוטופ רדיואקטיבי היא:

$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

נחשב את קבוע הדעיכה (נשאיר את היחידות בימים):

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{45} = 0.0154 \frac{1}{day}$$

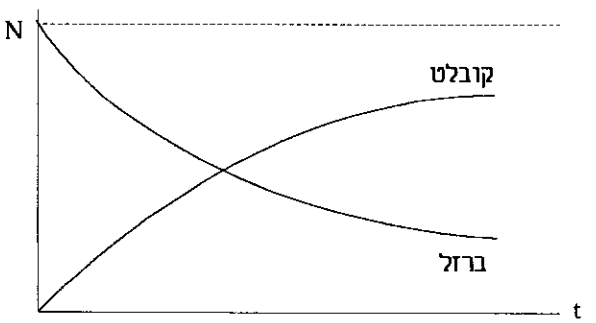
אם התפרקו 99% מגרעיני הברזל נשאר 1% ולכן: $N = 0.01 \cdot N_0$

נציב: $0.01 \cdot N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

נוציא ln משני הצדדים: $\ln(0.01) = -\lambda \cdot t$

$$t = -\frac{\ln(0.01)}{\lambda} = -\frac{\ln(0.01)}{0.0154} = 299 \text{ days}$$

ג. מספר גרעיני הקובלט הולך וגדל בו זמנית עם ירידת מספר גרעיני הברזל. המספר הכולל של גרעיני ברזל וקובלט נשאר קבוע כי בכל התפרקות מחליף גרעין אחד של קובלט גרעין אחד של ברזל.



פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. על המוט פועל כוח של המשקל במרכז המוט. כוח זה גורם למומנט ביחס לציר סיבוב הנמצא בנקודה הימנית של המוט.

$$\tau = r\cdot F = \frac{L}{2}\cdot mg$$

התאוצה הזוויתית נגרמת בגלל שקול המומנטים:

$$\Sigma\tau = I\cdot\alpha$$

מומנט ההתמד של המוט, ביחס לציר העובר בקצהו הוא:

$$I = \frac{1}{3}\cdot m\cdot L^2$$

נציב ונקבל:

$$\frac{L}{2}\cdot m\cdot g = \frac{1}{3}\cdot m\cdot L^2\cdot\alpha$$

מכאן:

$$\alpha = \frac{3\cdot g}{2\cdot L}$$

ב. (1) הקשר בין התאוצה הזוויתית והתאוצה הקווית הוא:

$$a = \alpha\cdot r$$

רדיוס הסיבוב של מרכז המסה הוא מחצית אורך המוט:

$$a = \alpha\cdot\frac{L}{2} = \frac{3\cdot g}{2\cdot L}\cdot\frac{L}{2} = \frac{3\cdot g}{4} = \frac{3}{4}\cdot 10 = 7.5\ \frac{m}{sec^2}$$

(2) התאוצה הקווית של הנקודה B היא גדולה יותר, כי רדיוס הסיבוב שלה גדול יותר, והתאוצה הזוויתית זהה לכל הנקודות.

$$a_B = \alpha\cdot L = \frac{3\cdot g}{2\cdot L}\cdot L = \frac{3\cdot g}{2} = \frac{3}{2}\cdot 10 = 15\ \frac{m}{sec^2}$$

ג. את המהירות הזוויתית במצב האנכי נמצא משיקולי אנרגיה. נשווה את נקודת השחרור (מצב 1) לנקודה בה המוט במצב אנכי.
נבחר את מישור היחוס לחישוב האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית בנקודה בה נמצא מרכז המסה כאשר המוט אנכי, היינו מרחק של L/2 מטה מן הנקודה בה נמצא מרכז המסה כאשר המוט אופקי.
האנרגיה המכנית הכללית במצב 1 היא:

$$E_1 = E_{K\,1} + U_{G\,1} = 0 + m\cdot g\cdot\frac{L}{2}$$

האנרגיה המכנית הכללית במצב 2 היא:

$$E_2 = E_{K\,2} + U_{G\,2} = \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2 + 0$$

שוויון האנרגיה המכנית בין שני המצבים נותן:

$$E_1 = E_2$$

$$m\cdot g\cdot\frac{L}{2} = \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2$$

נציב: $v_{C.M.} = \omega\cdot\frac{L}{2}$; $I = \frac{1}{3}\cdot m\cdot L^2$, ונקבל:

$$m\cdot g\cdot\frac{L}{2} = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{3}\cdot m\cdot L^2\right)\cdot\omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{3\cdot g}{L}}$$

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. בהתנגשות בין הדיסקה והקליע נשמר התנע הזוויתי.

לפני ההתנגשות התנע הזוויתי הוא של הקליע בלבד: $L_1 = m \cdot v \cdot R$

אחרי ההתנגשות, התנע הזוויתי הוא: $L_2 = I \cdot \omega$

מומנט ההתמד הוא הסכום של מומנט ההתמד של דיסקה ביחס לציר במרכזה, ומומנט ההתמד של גוף נקודתי:

$$I = \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 + m \cdot R^2$$

משימור התנע הזוויתי נקבל: $L_1 = L_2$

$$m \cdot v \cdot R = \left(\frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 + m \cdot R^2\right) \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{m \cdot v}{(m + M/2) \cdot R}$$

ב. לפני ההתנגשות האנרגיה הקינטית היא של הקליע: $E_{K\,1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

אחרי ההתנגשות האנרגיה הקינטית היא אנרגיה קינטית סיבובית:

$$E_{K\,2} = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 + m \cdot R^2\right) \cdot \left(\frac{m \cdot v}{(m + M/2) \cdot R}\right)^2$$

$$E_{K\,2} = \frac{m^2 \cdot v^2}{2 \cdot (m + M/2)} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \cdot \left(\frac{m}{m + M/2}\right)$$

ג. התנע הזוויתי לפני ההתנגשות, ביחס לציר הסיבוב של הדיסקה, שווה לאפס, מכיוון שהמרחק בין קו תנועת הקליע וציר הסיבוב הוא אפס.
מחוק שימור התנע הזוויתי אנחנו יודעים שהתנע הזוויתי הכללי חייב להישאר אפס כך שהדיסקה לא תנוע.

ד. התנע הקווי של המערכת לא נשמר כי פעל עליה כוח חיצוני על ידי הציר הקבוע והמחובר אל כדור הארץ.

פיתרון מספר 17 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. מכיוון שיש הפרש מופע בין המתח על הסליל והמתח על הנגד, בכל רגע ורגע שווה המתח הכללי הריגעי לסכום המתחים הריגעיים על הסליל והנגד, אבל הערכים האפקטיביים מצביעים על הערכים המקסימליים המתרחשים בזמנים שונים.

ב. הנתונים: $R=200\,\Omega$; $f=50\,Hz$; $U_Z=244\,V$; $U_R=100\,V$; $U_{ZL}=166\,V$

נמצא קודם כל את הזרם במעגל: $I = \frac{U_R}{R} = \frac{100}{200} = 0.5\,A$

העכבה הכללית היא: $Z = \frac{U_Z}{I} = \frac{244}{0.5} = 488\,\Omega$

העכבה של הסליל היא: $Z_L = \frac{U_{ZL}}{I} = \frac{166}{0.5} = 332\,\Omega$

הקשר בין העכבה הכללית והעכבות של הרכיבים הוא:

$$Z = \sqrt{(R + R_L)^2 + X_L^2}$$

הקשר בין העכבה של הסליל והעכבות של הרכיבים הוא:

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$$

משוואה ראשונה היא: $Z^2 = (R + R_L)^2 + X_L^2$

$$Z^2 = R^2 + 2\cdot R\cdot R_L + R_L^2 + X_L^2$$

משוואה שניה היא: $Z_L^2 = R_L^2 + X_L^2$

נציב את המשוואה השניה במשוואה הראשונה:

$$Z^2 = R^2 + 2\cdot R\cdot R_L + Z_L^2$$

$$R_L = \frac{Z^2 - Z_L^2 - R^2}{2\cdot R} = \frac{488^2 - 332^2 - 200^2}{2\cdot 200} = 219.8\,\Omega \qquad (1)$$

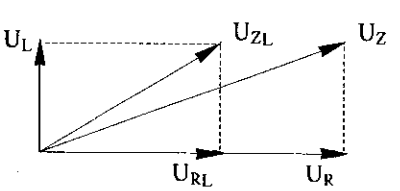
$$X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} = \sqrt{332^2 - 219.8^2} = 248.8\,\Omega \qquad (2)$$

הגדרת ההיגב של הסליל היא: $X_L = \omega\cdot L = 2\cdot\pi\cdot f\cdot L$

מכאן: $L = \frac{X_L}{2\cdot\pi\cdot f} = \frac{248.8}{2\cdot\pi\cdot 50} = 0.79\,H$

ג. $tg(\varphi_L) = \frac{X_L}{R_L} = \frac{248.8}{219.8} = 1.13 \implies \varphi_L = 48.5^0$

ד.



פיתרון מספר 18 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. הנתונים: $\omega=5000\,\frac{Rad}{sec}$; $U_{Z\,max}=12\,V$; $C=10\,\mu F$; $R=20\,\Omega$; $L=3\,mH$

(1) ההיגב של הקבל הוא: $X_C = \frac{1}{\omega\cdot C} = \frac{1}{5000\cdot 10\cdot 10^{-6}} = 20\,\Omega$

הזרם המכסימלי דרך הקבל הוא: $I_{C\,max} = \frac{U_{Z\,max}}{X_C} = \frac{12}{20} = 0.6\,A$

מכיוון שאין הפרש מופע בין מתח המקור והמתח על הקבל (מחוברים במקביל) הרי הפרש המופע בין הזרם על הקבל והמתח על המקור, שווה להפרש המופע בין הזרם והמתח על הקבל, שהוא תמיד $\pi/2$ (90°), שבו הזרם מקדים את המתח.

(2) ההיגב של הסליל הוא: $X_L = \omega\cdot L = 5000\cdot 3\cdot 10^{-3} = 15\,\Omega$

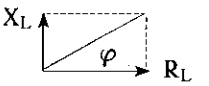
העכבה המשותפת של הסליל האידאלי והנגד, המחוברים בטור היא:

$$Z_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{20^2 + 15^2} = 25\,\Omega$$

הזרם המכסימלי דרך הסליל הוא: $I_{L\,max} = \frac{U_{Z\,max}}{Z_L} = \frac{12}{25} = 0.48\,A$

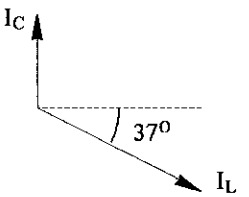
הענף הזה הוא ענף טורי רגיל של סליל ונגד, בו המתח מקדים את הזרם. הפרש המופע בין המתח והזרם בענף היא:

$$tg(\varphi) = \frac{X_L}{R} = \frac{15}{20} = 0.75 \implies \varphi = 37^o$$



מכיוון שנשאלנו על הזווית בין הזרם והמתח ולא בין המתח והזרם, היינו הזווית כאשר המתח הוא בזווית אפס ולא כפי שנהוג במעגל טורי שהזרם הוא בזווית אפס, הרי הזווית היא -37° , כי המתח מקדים את הזרם ב-37°.

ב. לא. מכיוון שיש הפרש מופע בין הזרמים השונים, רק סכום הזרמים הריגעיים שווה לזרם הכללי ולא הערכים המקסימליים שלהם המתרחשים בזמנים שונים.



ג. נחבר את הזרמים חיבור ווקטורי על ידי כך שנפרק, קודם כל, את הזרם I_L לרכיבים. אחר כך נשתמש במשפט פיתגורס למציאת השקול:

$$I = \sqrt{[I_L\cdot\cos(37^o)]^2 + [I_C - I_L\cdot\sin(37^o)]^2}$$

$$I = \sqrt{[0.48\cdot\cos(37^o)]^2 + [0.6 - 0.48\cdot\sin(37^o)]^2} = 0.49\,A$$

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. לחץ האויר בתוספת לחץ עמוד הכספית מאזן את הלחץ החיצוני:

$P_0 = P_1 + P_{Hg} \implies P_1 = P_0 - P_{Hg} = 80 - 76 = 4\,cm\,Hg$

ב. לאחר שינוי הטמפרטורה והלחץ החיצוני ישתנה גובה עמוד הכספית.
נסמן את גובה עמוד הכספית ב-h.
שוויון הלחצים במקרה השני הוא:

$P_0 = P_2 + P_{Hg}$

$P_2 = P_0 - P_{Hg} = 70 - h$

אורך עמוד האויר בברומטר הוא: 100-h.
נסמן את שטח פני הברומטר ב-S.
נפח הגז במצב 1 הוא: $V_1 = (100-76)\cdot S = 24\cdot S$
נפח הגז במצב 2 הוא: $V_2 = (100-h)\cdot S$
הנתונים הם:
מצב 1: $P_1=4\,cm\,Hg\ ;\ T_1=34.2+273=307.2^0K\ ;\ V_1=24\cdot S$

מצב 2: $P_2=70-h\ ;\ T_2=15.2+273=288.2^0K\ ;\ V_2=(100-h)\cdot S$

משוואת הגזים היא:

$$\frac{P_1\cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2\cdot V_2}{T_2}$$

נציב ונקבל:

$$\frac{4\cdot 24\cdot S}{307.2} = \frac{(70-h)\cdot(100-h)\cdot S}{288.2}$$

$(70-h)\cdot(100-h) = 90$

$7000 - 170\cdot h + h^2 = 90$

$h^2 - 170\cdot h + 6910 = 0$

$h = 67.25\,cm$

(הפיתרון השני גדול יותר מ-100cm)

$P_2 = 70 - 67.25 = 2.75\,cm\,Hg$

ג. גובה הכספית שבצינור יעלה בפחות מ-1cm מכיוון שהקטנת נפח האויר הכלוא בברומטר גורמת להגדלת הלחץ שלו, והוא תורם חלק מן הלחץ המאזן את תוספת הכספית.

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. ספיקת המים היא $6\,m^3$ בדקה, היינו $0.1\,m^3$ בשניה.
נמצא בעזרת ספיקת המים את מהירות המים ליד המשאבה:

$$Q = A\cdot v \implies v = \frac{Q}{A} = \frac{0.1}{100\cdot 10^{-4}} = 10\ \frac{m}{sec}$$

נשתמש במשוואת הרציפות: $A_1\cdot v_1 = A_2\cdot v_2$
נתון: $A_2 = 2.5\cdot A_1$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2}\cdot v_1 = \frac{v_1}{2.5} = \frac{10}{2.5} = 4\ \frac{m}{sec}$$

המים יוצאים לבריכה במהירות 4 m/sec.

ב. נשתמש במשוואת ברנולי:

$$\frac{P_1}{\rho\cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\rho\cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2$$

הנתונים הם:

$$y_1=0\ ;\ v_1=10\ \frac{m}{sec}\ ;\ P_1=?\ ;\ y_2=20\,m\ ;\ v_2=4\ \frac{m}{sec}\ ;\ P_2=10^5\ \frac{N}{m^2}\ ;\ \rho=10^3\ \frac{kg}{m^3}$$

נבודד את P_1 ונקבל:

$$P_1 = P_2 + \frac{\rho\cdot(v_2^2 - v_1^2)}{2} + \rho\cdot g\cdot(y_2-y_1)$$

נציב:

$$P_1 = 10^5 + \frac{10^3\cdot(4^2 - 10^2)}{2} + 10^3\cdot 10\cdot(20-0) = 2.58\cdot 10^5\frac{N}{m^2}$$

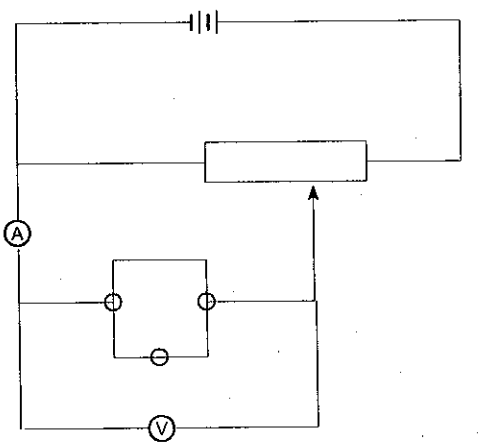
ג. מכיוון שהמים עומדים אין יותר מהירות למים, והאיבר הקינטי מתאפס. איבר זה הקטין את הלחץ בתחתית המיכל כי המהירות שם היתה גדולה יותר. ללא האיבר הקינטי הלחץ גדל והוא:

$$P_1 = P_2 + \rho\cdot g\cdot(y_2-y_1)$$

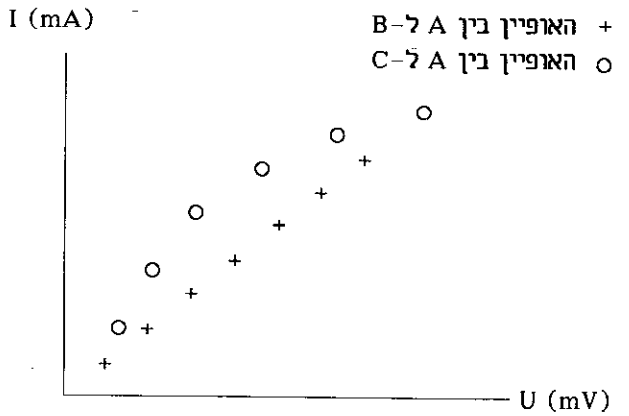
$$P_1 = 10^5 + 10^3\cdot 10\cdot(20-0) = 3\cdot 10^5\ \frac{N}{m^2}$$

מעבדת חקר - חקירת אופיין של רכיבים חשמליים

.1



4. הגרפים המיתקבלים, באופן איכותי, הם:



5. שני האופיינים צריכים לעבור דרך הראשית מכיוון שכאשר אין זרם דרך הרכיב, המתח עליו חייב להיות אפס.

6. האופיין בין A ל-B מאפיין יחס ישר בין הזרם והמתח, כי יחס ישר מתאפיין גרפית בקו ישר בין I ו-U.

7. מכיוון שקיים יחס ישר, הרכיב הוא נגד המקיים את חוק אוהם: $U = I \cdot R$
מאחר והגרף הוא I כפונקציה של U, נרשום את הקשר בצורה הבאה:

$$I = \frac{1}{R} \cdot U$$

המשוואה הכללית של קו ישר היא: $y = a \cdot x + b$
האיבר המכפיל את המשתנה הבלתי תלוי x הוא שיפוע הגרף.

במיקרה שלנו, האיבר המכפיל את המשתנה הבלתי תלוי U הוא 1/R והוא שיפוע הגרף.
לשם מציאת השיפוע נבחר שתי נקודות: (U_1,I_1) ו-(U_2,I_2) על חקו.
השיפוע a הוא:

$$a = \frac{I_2 - I_1}{U_2 - U_1}$$

(חשוב לשים לב בקריאת הנתונים מהגרף ליחידות בהן נמדד כל ערך!)

שיפוע זה שווה ל-1/R ולכן:

$$a = \frac{1}{R} \implies R = \frac{1}{a}$$

8. כפי שראינו בסעיף הקודם, ככל שהשיפוע קטן יותר, כך ההתנגדות גדולה יותר (יש יחס הפוך בין השיפוע a וההתנגדות R). האופיין בין A ו-C מראה ששיפוע הגרף הולך וקטן כך שהתנגדות הרכיב הולכת וגדלה.

9. נגד הוא רכיב חשמלי שהזרם דרכו נמצא ביחס ישר למתח ונורה היא רכיב חשמלי שהזרם דרכו קטן, ככל שהמתח עליו הולך וגדל.

10. על הסוללה רשום תמיד הכ.א.מ. מתח ההדקים משתנה בהתאם למעגל שאליו מחובר מקור המתח.

בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1994

חלק א' - מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 5 - 1.

1. אבן נזרקת כלפי מעלה במהירות התחלתית של $40\frac{m}{s}$. הנח כי האבן נזרקת מגובה הקרקע.

א. כעבור כמה זמן מרגע הזריקה מתאפסת מהירות האבן (מנקודת ראותו של אדם העומד על הקרקע)? ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. ציר מקום, y, מוגדר כך שכיוונו החיובי כלפי מעלה, וראשיתו בנקודה (על הקרקע) שממנה נזרקה האבן. $t = 0$ מוגדר כרגע זריקת האבן.

סרטט גרפים המתארים:

(1) את מקום האבן כפונקציה של הזמן, מרגע $t = 0$ עד לרגע פגיעתה בקרקע. (7 נקודות)

(2) את מהירות האבן כפונקציה של הזמן, מרגע $t = 0$ עד לרגע פגיעתה בקרקע. (7 נקודות)

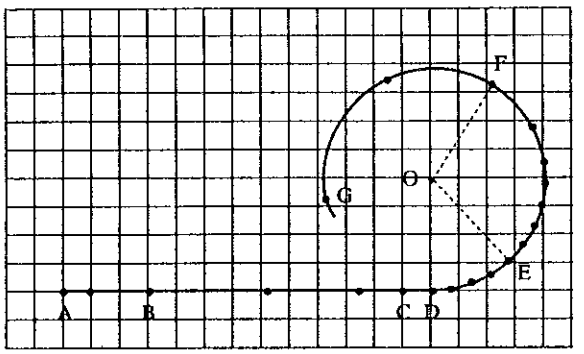
(3) את תאוצת האבן כפונקציה של הזמן, מרגע $t = 0$ עד לרגע פגיעתה בקרקע. (7 נקודות)

ג. אדם עולה בכדור פורח במהירות קבועה של $10\frac{m}{s}$.

(1) כעבור כמה זמן מרגע הזריקה מתאפסת מהירות האבן, מנקודת ראותו של האדם בכדור הפורח? (5 נקודות)

(2) סרטט גרף של מהירות האבן, כפי שהיא נצפית מנקודת ראותו של האדם בכדור הפורח, כפונקציה של הזמן, מרגע $t = 0$ עד לרגע פגיעת האבן בקרקע. (4 נקודות)

2. התרשים שלפניך מתאר את תנועתו של גוף הנע על מישור אופקי, מנקודה A עד לנקודה G כפי שהתקבל על צג מחשב במעבדה ממוחשבת. קטע המסלול ABCD הוא ישר, וקטע המסלול DEFG הוא קשת של מעגל שמרכזו O . הנקודות מסמנות את מיקום הגוף במרווחי זמן קבועים.



א. העתק למחברתך באופן מקורב את התרשים שלפניך, וציין בו את הרדיוסים OE ו־ OF ואת הנקודות B , C , E ו־ F .

בכל אחת מהנקודות B , C , E ו־ F סרטט את וקטורי המהירות, התאוצה והכוח השקול. (אינך נדרש להתייחס לגודלי הווקטורים אלא לכיווניהם בלבד.)

שים לב: אם לדעתך לא ניתן לקבוע במדויק את כיוונו של וקטור מסוים — סרטט את הווקטור בכיוון מקורב.

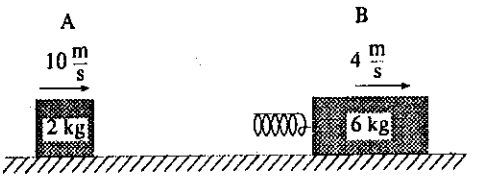
הסבר כיצד קבעת את כיוונו של כל וקטור. (24 נקודות)

ב. (1) האם גודל המהירות בנקודה B שווה לגודל המהירות בנקודה C , גדול ממנו א קטן ממנו? נמק. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

(2) האם גודל התאוצה בנקודה B שווה לגודל התאוצה בנקודה C , גדול ממנו א קטן ממנו? נמק. (5 נקודות)

3. גופים A ו־ B נעים ימינה לאורך קו ישר על משטח אופקי חסר חיכוך, כמתואר בתרשים.

מסתו של הגוף A היא 2 kg וגודל מהירותו $10\frac{m}{s}$. מסתו של גוף B היא 6 kg , וגודל מהירותו $4\frac{m}{s}$. אל גוף B צמוד מאחוריו קפיץ שקבוע הכוח שלו $800\frac{N}{m}$, ומסתו ניתנת להזנחה.



א. חשב את מהירותו של כל אחד משני הגופים לאחר ההתנגשות (כאשר אין יותר מגע בין גוף A לקפיץ). ($11\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. בפרק הזמן שבין הרגע שבו גוף A נוגע לראשונה בקפיץ עד לרגע כיווצו המרבי של הקפיץ:

(1) האם האנרגיה הקינטית של מערכת שני הגופים A ו־ B נשמרת? הסבר. (7 נקודות)

(2) האם התנע של מערכת שני הגופים נשמר? הסבר. (5 נקודות)

ג. כאשר התכווצות הקפיץ מרבית, מהירויות הגופים שוות.

(1) מצא מהירות זו. (4 נקודות)

(2) מצא את השיעור המרבי של התכווצות הקפיץ. (6 נקודות)

4. א. (1) מהי "תנועה הרמונית פשוטה" ? (6 נקודות)

(2) האם כל תנועה מחזורית היא תנועה הרמונית פשוטה? אם כן — נמק.
אם לא — הבא דוגמה לתנועה מחזורית שאינה הרמונית פשוטה, והסבר מדוע אין היא הרמונית פשוטה. (6 נקודות)

ב. קצה עליון של קפיץ קשור לתקרה, ולקצה התחתון קשורה משקולת שמסתה 0.6 kg .
במצב זה הקפיץ ארוך ב־ 15 cm מאורכו במצב רפוי, והמשקולת נמצאת בנקודה O .
תלמיד משך את המשקולת 10 cm כלפי מטה, מנקודה O לנקודה M , ושחרר את המשקולת ממנוחה. מסת הקפיץ ניתנת להזנחה.

(1) חשב את זמן מחזור התנודות. (8 נקודות)

(2) חשב את הכוח שמפעיל הקפיץ על המשקולת בהיותה בנקודה M . ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

(3) חשב את העבודה שעשה התלמיד במשיכת המשקולת מהנקודה O לנקודה M .
(6 נקודות)

5. לכוכב לכת דמיוני אין אטמוספרה, רדיוסו $R = 10^7\ \mathrm{m}$ ותאוצת הנפילה החופשית על פניו היא $10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. גוף משוחרר ממנוחה מנקודה A , הנמצאת בגובה R (כרדיוס הכוכב) מעל פני הכוכב.

א. (1) חשב את תאוצת הנפילה החופשית בנקודה A . (8 נקודות)

(2) סרטט גרף מקורב, המתאר את תאוצת הגוף כפונקציה של מרחקו ממרכז הכוכב, בתנועתו מ־ A עד פני הכוכב.
רשום את התבנית המתמטית שעליה הסתמכת. (10 נקודות)

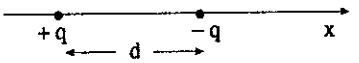
(3) הערך את משך נפילת הגוף מרגע שחרורו עד רגע פגיעתו בפני כוכב הלכת, באמצעות קביעת גבול עליון וגבול תחתון עבור משך הנפילה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. חשב את המהירות שבה פוגע הגוף בפני הכוכב. (10 נקודות)

חלק ב' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 - 6.

6. שני מטענים $+q$ ו־ $-q$ נמצאים על ציר ה־ x, והמרחק ביניהם הוא d (ראה תרשים א).



תרשים א

א. האם קיימת נקודה לאורך ציר ה־ x,

(1) שבה השדה החשמלי מתאפס? הסבר. (6 נקודות)

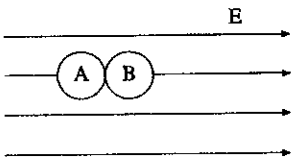
(2) שבה הפוטנציאל החשמלי מתאפס? הסבר. (6 נקודות)

בתשובותיך התייחס לציר ה־ x כולו — לקטע שבין שני המטענים ולתחום שמחוץ לקטע זה.

ב. מהי העבודה שיש לעשות, כדי להגדיל את המרחק בין שני המטענים ל־ $2d$?

(בטא את תשובתך באמצעות נתוני השאלה.) (8 נקודות)

ג. (1) מכניסים שני כדורים מוליכים שאינם טעונים, A ו־ B, הנוגעים זה בזה, לתוך שדה חשמלי אחיד, כמתואר בתרשים ב.



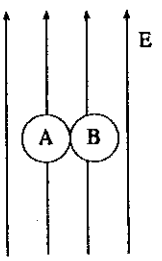
תרשים ב

מפרידים את הכדורים זה מזה בתוך השדה החשמלי. האם לאחר ההפרדה הכדורים טעונים? אם לא — הסבר.

אם כן — מהו סימן המטען של כדור A, ומהו סימן המטען של כדור B? הסבר.

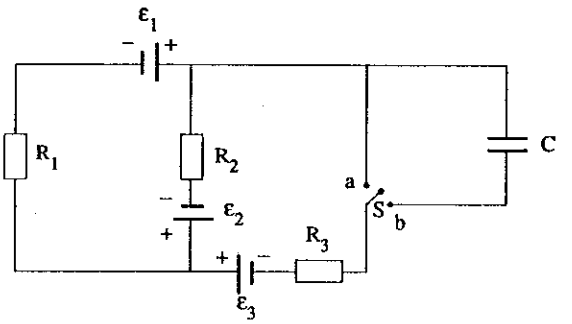
(7 נקודות)

(2) ענה על סעיף (1), כאשר השדה החשמלי הוא בכיוון המתואר בתרשים ג. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים ג

7. התרשים שלפניך מתאר מעגל חשמלי, שכולל שלושה מקורות כא"מ ε_1 , ε_2 , ε_3 שהתנגדויותיהם הפנימיות ניתנות להזנחה, ושלושה נגדים R_1 , R_2 , R_3 . קבל, שקיבולו C , מחובר למעגל באמצעות מתג S , שיש לו שני מצבי סגירה a ו־ b .



א. מעבירים את המתג S למצב a .

(1) העתק את התרשים למחברתך, וסמן בו, על־פי בחירתך, את כיווני הזרמים. (2 נקודות)

(2) באמצעות נתוני המעגל ועל־סמך חוקי קירכהוף, רשום שלוש משוואות, שמתוכן ניתן למצוא את הזרמים העוברים דרך שלושת המקורות. אינך נדרש לפתור את המשוואות. (12 נקודות)

(3) על אילו חוקי שימור מבוססים חוקי קירכהוף? (2 נקודות)

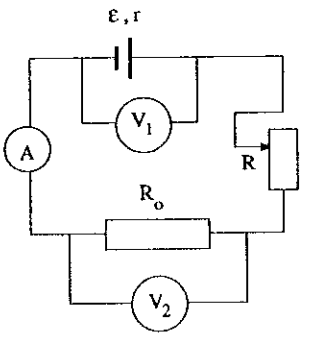
ב. מעבירים את המתג S למצב b .

(1) בטא באמצעות נתוני המעגל את הזרם העובר דרך הנגד R_1 לאחר התייצבות הזרם. (8 נקודות)

(2) סרטט גרף המתאר בקירוב את הזרם העובר דרך הנגד R_3 כפונקציה של הזמן, החל מרגע העברת המתג S למצב b . (6 נקודות)

(3) הסבר כיצד ייתכן שדרך הנגד R_3 זורם זרם, בעוד שדרך הקבל אין זרימת מטענים. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

8. המעגל המתואר בתרשים א כולל סוללה שהכא"מ שלה ε והתנגדותה הפנימית r, נגד קבוע R_o, נגד משתנה R ומכשירי מדידה "אידיאליים".



תרשים א

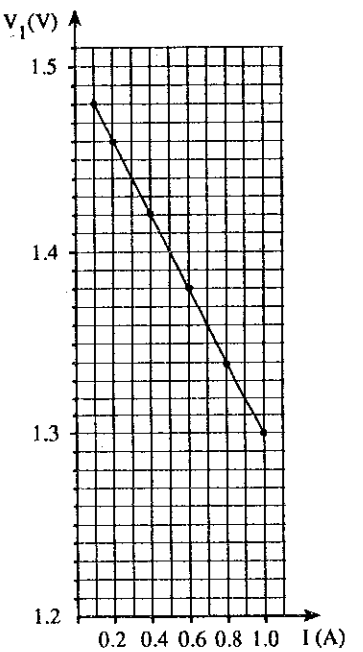
א. בניסוי שעורכים במערכת זו מגדילים את התנגדות הנגד המשתנה R.

האם כתוצאה מכך:

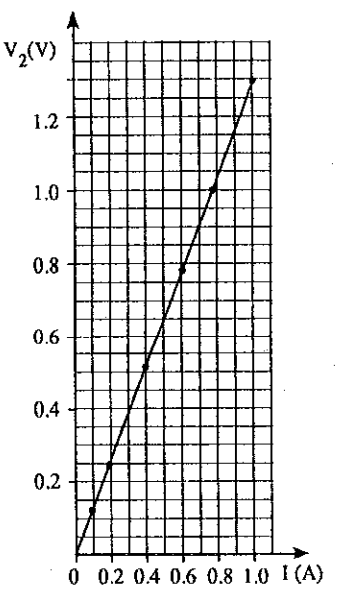
(1) המתח V_2 קטן או גדל? הסבר. (4 נקודות)

(2) המתח V_1 קטן או גדל? הסבר. (4 נקודות)

ב. משנים את התנגדות הנגד המשתנה R, ומודדים את הזרם I במעגל ואת המתחים V_1 ו- V_2. תוצאות המדידות מתוארות בתרשים ב ובתרשים ג.



תרשים ב



תרשים ג

קבע על־פי שני הגרפים:

(1) את הכא"מ ε . נמק. (4 נקודות)

(2) את ההתנגדות הפנימית r של הסוללה. נמק. (4 נקודות)

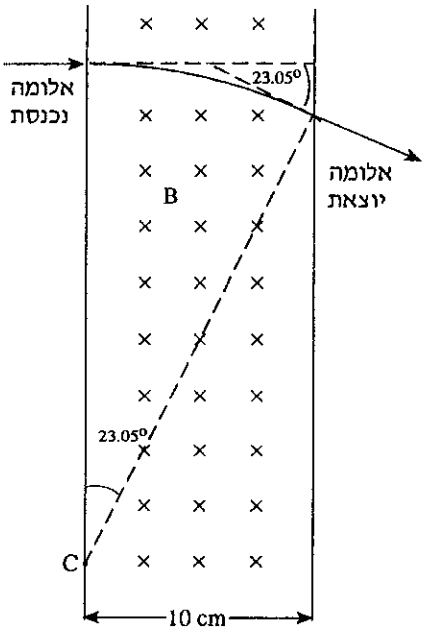
(3) את ההתנגדות R_o . נמק. (4 נקודות)

ג. איזה גודל פיסיקלי במעגל מיוצג על־ידי $\frac{V_1}{I}$? נמק. (7 נקודות)

ד. חשב את ההספק המתפתח בנגד המשתנה R , כאשר הזרם במעגל הוא 0.5 A .

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

9. אלומת חלקיקים בעלי אנרגיה של 2 MeV (3.2×10^{-13} J) נכנסת לשדה מגנטי אחיד ברוחב 10 cm , שעוצמתו 0.8 T וכיוונו לתוך הדף. האלומה נעה לאורך קשת של מעגל שמרכזו C , ויוצאת מהשדה כשהיא מוטה בזווית של 23.05^o ביחס לכיוונה המקורי (ראה תרשים).



א. (1) האם האנרגיה הקינטית של חלקיק באלומה משתנה בעקבות מעברו דרך השדה המגנטי? נמק. (6 נקודות)

(2) האם התנע של חלקיק באלומה משתנה בעקבות מעברו דרך השדה המגנטי? נמק. (6 נקודות)

ב. נתון כי מטען כל חלקיק באלומה זהה למטען האלקטרון.

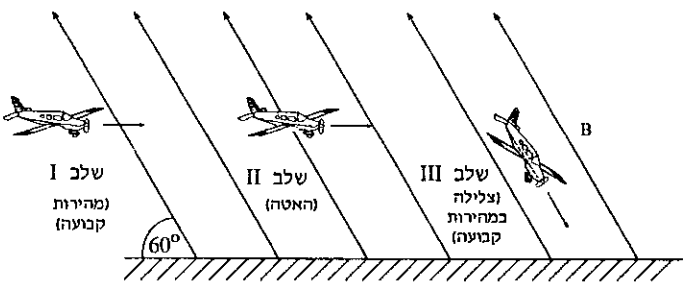
(1) חשב את רדיוס המסלול המעגלי של חלקיק באלומה. (2 נקודות)

(2) חשב את מסת החלקיק. (14 נקודות)

(3) חשב את זמן התנועה של החלקיק בשדה המגנטי. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

10. עוצמתו של השדה המגנטי באזור מסוים של כדור הארץ היא $B = 2 \times 10^{-5}\ T$, וכיוונו יוצר זווית בת 60° עם הכיוון האופקי, כמתואר בתרשים. מטוס טס באזור זה בטיסה בת שלושה שלבים: בשלב I הוא טס במהירות קבועה של $v = 150\ \frac{m}{s}$ בטיסה אופקית וישרה. בשלב II המטוס מֵאֵט, ובשלב III הוא צולל בזווית בת 60° עם הכיוון האופקי ובמהירות קבועה של $v = 100\ \frac{m}{s}$ (ראה תרשים).

המטוס עשוי מחומר מוליך, כנפי המטוס מאונכות לגוף המטוס, והמרחק בין קצותיהן הוא $30\ m$.



א. באילו מהשלבים I , II , III נוצר כא"מ בין קצות הכנפיים? נמק.
(8 נקודות)

ב. באותם השלבים שבהם נוצר כא"מ:

(1) ציין אם הכא"מ קבוע או משתנה. נמק. (5 נקודות)

(2) איזה קצה של הכנפיים (הקרוב לקורא או הרחוק ממנו) טעון במטען חיובי? נמק. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. מצא את הכא"מ שבין קצות הכנפיים בשלב (או בשלבים) שבו (או שבהם) הכא"מ קבוע. (6 נקודות)

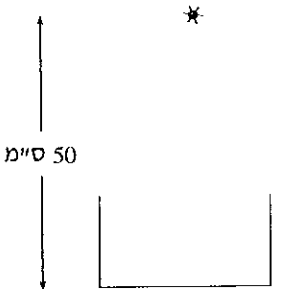
ד. באיזה שלב (או באילו שלבים) עובר זרם לאורך כנפי המטוס? נמק. (6 נקודות)

חלק ג' – פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון – תורת האור והגלים

11. מקור אור נקודתי ניצב בגובה 50 ס"מ מעל קרקעית כלי ריק (ראה תרשים). תלמיד רוצה ליצור דמות חדה של המקור על קרקעית הכלי בעזרת עדשה מרכזת.



א. (1) באילו גבהים מעל קרקעית הכלי יכול התלמיד להציב עדשה מרכזת, שרוחק המוקד שלה הוא 8 ס"מ? (20 נקודות)

(2) על סמך העובדה שמהלך קרני האור הוא הפיך, הסבר מדוע מתקבלים שני גבהים בסעיף (1). (5 נקודות)

(3) התלמיד החליף את העדשה המרכזת בעדשה מרכזת אחרת, ומצא כי ישנו רק גובה אחד שבו נוצרת דמות חדה של המקור על קרקעית הכלי.
חשב את רוחק המוקד של העדשה השנייה. (10 נקודות)

ב. עדשה מרכזת ממוקמת כך שמתקבלת דמות חדה על קרקעית הכלי הריק.
ממלאים את הכלי במים.

(1) הסבר מדוע לא מתקבלת דמות חדה של המקור על קרקעית הכלי המלא במים. (8 נקודות)

(2) אם אין משנים את מקום המקור ואת מקום העדשה, האם יש להגביה את הכלי או להנמיכו, כדי לקבל שוב על הקרקעית דמות חדה של המקור? הסבר.
(7 נקודות)

12. א. הסבו בקצרה את עקרונות פעולתו של ספקטרומטר סריג. (10 נקודות)

ב. נתון ספקטרומטר בעל סריג של 5,000 קווים לס"מ.

באילו כיוונים יופיע הקו $\lambda = 6{,}563$ Å ? (15 נקודות)

ג. עד איזה אורך גל ניתן לבצע מדידות בעזרת הספקטרומטר שבסעיף ב? הסבר.

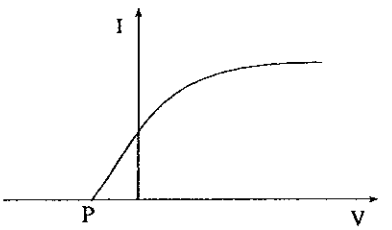
הנח כי ניתן לבצע מדידות, בעזרת גלאי מתאים, גם מחוץ לתחום האור הנראה.

(15 נקודות)

ד. אלומת אור לבן (תחום אורכי גל 4,000 Å - 7,000 Å) פוגעת בסריג של הספקטרומטר, בניצב לסריג. באיזה תחום זוויות מתקיימת חפיפה בין הסדר השני לבין הסדר השלישי של הספקטרום המתקבל? (10 נקודות)

פרק שני - פיסיקה מודרנית

13. הגרף שלפניך מתאר תוצאות ניסוי שבוצע עם תא פוטואלקטרי.



א. העתק את הגרף למחברתך, והוסף עקומה מקורבת שתתאר את I כפונקציה של V , כאשר המרחק בין התא לבין מקור האור גדול יותר מזה שבניסוי המתואר בגרף. הסבר את שיקוליך. (13 נקודות)

ב. מחליפים את מקור האור במקור בעל אורך גל קצר יותר. האם במקרה זה נקודת החיתוך של העקומה (I כפונקציה של V) עם הציר האופקי V תהיה בנקודה P , מימין לנקודה P או משמאלה? נמק. (13 נקודות)

ג. ענה על סעיף ב במקרה שמחזירים את מקור האור המקורי ומחליפים את התא בתא אחר, שיש לו אנרגיית קשר (פונקציית עבודה) גדולה יותר (אך עדיין זורם זרם).

(12 נקודות)

ד. חשב את ההספק של מקור האור במקרה שזרם הרוויה הוא 3×10^{-7} A , ואורך הגל של האור הוא 6,000 Å . הנח כי 0.5% מן הפוטונים הנפלטים ממקור האור גורמים לפליטת אלקטרונים מן הקתודה. (12 נקודות)

14. איזוטופ זרחן $^{32}_{15}P$ מתפרק התפרקות β^- לאיזוטופ יציב של גפרית (S) . זמן מחצית החיים של ההתפרקות הוא 14.3 ימים.

א. השלם את התוצרים בניסוח תהליך ההתפרקות: $^{32}_{15}P \rightarrow$

בניסוח ציין את מספר המסה ואת המספר האטומי של גרעין הגפרית. (7 נקודות)

ב. בזמן $t = 0$ פעילותו של מדגם זרחן רדיואקטיבי הייתה 1.50×10^{13} התפרקויות לשנייה.

כמה גרעיני $^{32}_{15}P$ היו במדגם בזמן $t = 0$? (15 נקודות)

ג. חשב:

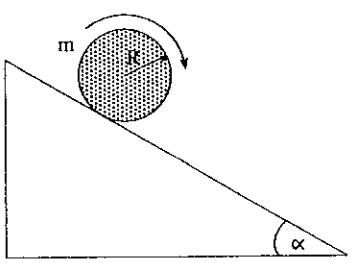
(1) את מספר גרעיני $^{32}_{15}P$ שנותרו במדגם לאחר 30 יום. (9 נקודות)

(2) את פעילות המדגם לאחר 30 יום. (9 נקודות)

ד. כמה גרעיני גפרית הצטברו במדגם במשך 30 הימים? (10 נקודות)

פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

15. גליל אחיד, שמסתו $m = 3\ kg$ ורדיוסו $R = 5\ cm$, מתגלגל ללא החלקה על פני מישור משופע, שזווית שיפועו $\alpha = 30^\circ$ (ראה תרשים).



א. העתק את התרשים למחברתך, וציין בו את הכוחות הפועלים על הגליל בעת תנועתו. (10 נקודות)

ב. (1) מהי התאוצה הזוויתית של הגליל? (8 נקודות)

(2) מהי התאוצה הקווית של הגליל? (8 נקודות)

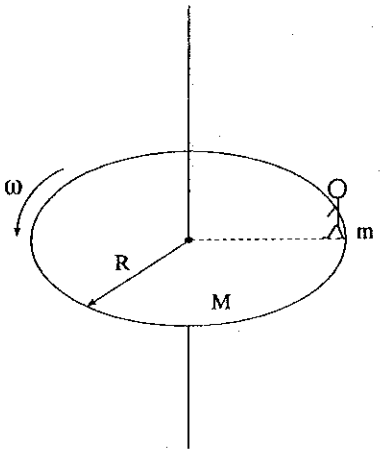
(3) מהו הגודל של כוח החיכוך הפועל על הגליל בנקודת המגע שלו עם המישור המשופע? (9 נקודות)

ג. הגליל מתחיל את תנועתו ממנוחה, ונע על פני המישור המשופע לאורך 2 מטרים.

(1) מהי האנרגיה הקינטית הכללית של הגליל לאחר שעבר דרך זו? (8 נקודות)

(2) איזה חלק מאנרגיה זו הוא אנרגיה של תנועה סיבובית סביב מרכז המסה, ואיזה חלק הוא אנרגיה קינטית של תנועת מרכז המסה? (7 נקודות)

16. דִסקה אחידה ואופקית, שמסתה M ורדיוסה R, סובבת ללא חיכוך סביב ציר אנכי העובר במרכזה. בקצה הדִסקה, במרחק R ממרכזה, עומד אדם שמסתו $m = 0.5\ M$. הדִסקה עם האדם סובבת במהירות זוויתית קבועה ω (ראה תרשים). האדם מתחיל לנוע באיטיות לאורך רדיוס הדִסקה לעבר מרכזה, והוא נעצר במרחק $0.5\ R$ מהמרכז.



א. מהי עתה המהירות הזוויתית, ω', של הדִסקה? (בטא באמצעות נתוני השאלה.) (20 נקודות)

ב. האם השתנתה האנרגיה הקינטית של המערכת (דִסקה ואדם) בעקבות צעידת האדם? אם לא — נמק. אם כן — בטא את השינוי באנרגיה הקינטית של המערכת באמצעות נתוני השאלה, והסבר את הסיבה לשינוי. (30 נקודות)

פרק רביעי - זרם חילופין

17. **הערה: בפרק זה המתחים והזרמים נתונים בערכים אפקטיביים.**

קבל שקיבולו $C = 60\ \mu F$ ונגד שהתנגדותו $R = 150\ \Omega$ מחוברים בטור למקור מתח חילופין שתדירותו $50\ Hz$. המתח בין הדקי המקור הוא $V = 230\ V$.

א. קיימים חילופי אנרגיה בין המקור לבין רכיבים במעגל. תאר חילופים אלה במשך מחזור אחד. (10 נקודות)

ב. (1) חשב את הספק המקור. (15 נקודות)

(2) חשב את גורם ההספק $(\cos\phi)$. (5 נקודות)

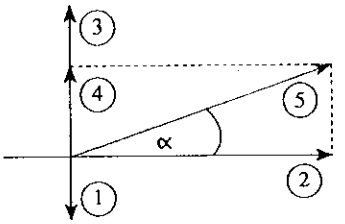
ג. מוסיפים למעגל סליל אידיאלי בחיבור טורי.

(1) מה צריכה להיות ההשראות L של הסליל, כדי שההספק במעגל יהיה מרבי? (5 נקודות)

(2) מהו גורם ההספק כאשר ההספק מרבי? (5 נקודות)

ד. מודדים את המתח על הקבל במעגל RLC טורי. האם ייתכן שערך המתח הנמדד על הקבל יעלה על מתח המקור? נמק. (10 נקודות)

18. לפניך דיאגרמת מתחים במעגל RLC טורי בעל אופי השראתי.



א. (1) מה מייצג כל אחד מהחצים 1-5 שבדיאגרמה? (10 נקודות)

(2) מה מבטאת הזווית α ? (5 נקודות)

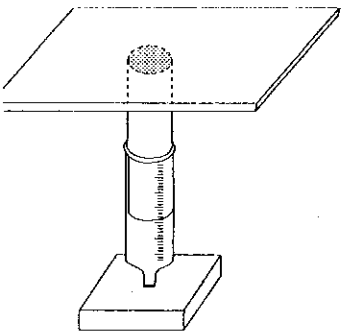
ב. (1) מהו הפרש המופע בין הזרם במעגל למתח על הקבל? (5 נקודות)

(2) מהו הפרש המופע בין הזרם במעגל למתח על הסליל? (5 נקודות)

ג. תדירות המקור f במעגל הנתון גבוהה מתדירות התהודה f_0 . מגדילים את התדירות f . האם יחול שינוי בגודלה של הזווית α ? נמק. (10 נקודות)

ד. חשב את הזרם I במעגל, אם נתון: מתח המקור 250 V , המתח על הסליל 400 V , המתח על הקבל 250 V , והתנגדות הנגד 125 Ω . (15 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים



19. כדי לקבוע את הקשר בין הנפח V של גז אידיאלי לבין הלחץ p המופעל עליו, הכניסו את הגז לתוך מזרק סגור. המזרק הוצב בצורה אנכית. על משטח עץ המחובר לראש הבוכנה של המזרק (ראה תרשים) הניחו משקולות, ומדדו את נפח הגז במזרק כפונקציה של משקל המשקולות. הטמפרטורה של הגז נשארה קבועה במהלך הניסוי. שטח הבוכנה של המזרק היה $A = 4.3\ cm^2$.

לפניך טבלה המסכמת את תוצאות הניסוי:

F(N) (משקל המשקולות)	0	20	40	60	80
$V(cm^3)$ (נפח הגז)	35.7	24.6	18.8	15.2	12.8

א. על־פי הטבלה, סרטט גרף של $\frac{1}{V}$ כפונקציה של הלחץ p המופעל על הגז על־ידי המשקולות. (15 נקודות)

ב. נסח קשר בין: לחץ הגז שבמזרק, הלחץ p המופעל על הגז על־ידי המשקולות והלחץ האטמוספרי. (10 נקודות)

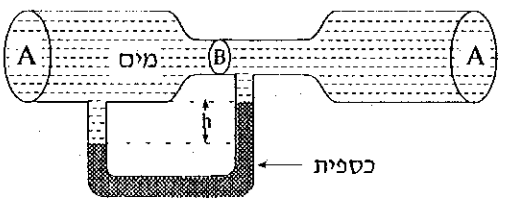
<u>הערה</u>: הנח כי המשקל של הבוכנה ושל משטח העץ הוא זניח יחסית למשקל המשקולות שהונחו על משטח העץ. כמו כן, הנח שהחיכוך בין הבוכנה לדופנות המזרק זניח.

ג. נסח באופן מתמטי את הקשר בין $\frac{1}{V}$ לבין p , והיעזר בגרף כדי למצוא את הלחץ האטמוספרי, שפעל במקום שבו נערך הניסוי. <u>הסבר</u>. (15 נקודות)

ד. טמפרטורת הגז שבמזרק במהלך הניסוי כולו הייתה 300 K . על־פי נתון זה ועל־פי הגרף, מצא את מספר המולים של הגז בתוך המזרק. (10 נקודות)

20. א. תאר והסבר את פעולתו של מכשיר המודד את מהירות הזרימה של נוזל. (14 נקודות)

שטחי החתך של החלק הרחב A ושל החלק הצר B בצינור שבתרשים הם $60\ cm^2$ ו־ $15\ cm^2$ בהתאמה. בצינור זורמים מים בקצב של 4 ליטרים בשנייה.



ב. מצא את מהירויות הזרימה של המים בחלק הרחב של הצינור ובחלק הצר שלו. (12 נקודות)

ג. מצא את ההבדל בין לחץ המים בחלק הרחב של הצינור לבין לחצם בחלקו הצר. (12 נקודות)

ד. מצא את הפרש הגבהים h . (12 נקודות)

נתון: צפיפות המים $\rho_{\text{מים}} = 1\frac{gr}{cm^3}$

צפיפות הכספית $\rho_{\text{כספית}} = 13.6\frac{gr}{cm^3}$

פרק שישי - תרמודינמיקה

21. א. הוכח, בהסתמך על החוק הראשון של התרמודינמיקה, שלגבי מול אחד של גז אידי
קיים הקשר: $c_p - c_v = R$.

c_p הוא קיבול החום המולרי של הגז בלחץ קבוע, c_v הוא קיבול החום המולרי ש
הגז בנפח קבוע, ו־ R הוא קבוע הגזים. (20 נקודות)

ב. (1) גז אידיאלי כלוא בתוך כלי עם בוכנה ניידת (ללא חיכוך). טמפרטורת הגז ב
היא 290 K, כטמפרטורת הסביבה. מורידים באיטיות רבה את הבוכנה, עד
שנפח הגז הכלוא מגיע ל־ $\frac{1}{5}$ מנפחו ההתחלתי. לאחר מכן משחררים את
הבוכנה, והיא עולה במהירות רבה, עד שלחץ הגז הכלוא חוזר לערכו ההתח
מהי הטמפרטורה של הגז הכלוא במצב זה, אם נתון ש־ $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1.4$?
(20 נקודות)

(2) מה מאפיין את התהליך המתרחש בהורדה איטית מאוד של הבוכנה בשלב
הראשון, ומה מאפיין את התהליך המתרחש בעלייתה המהירה מאוד בשלב
השני? (10 נקודות)

22. א. מהי מכונת קַרְנוֹ? תאר והסבר בקצרה. (20 נקודות)

ב. מכונת קרנו קולטת כמות חום $Q_1 = 2{,}000\ J$ ממכל שהטמפרטורה שלו
היא $T_1 = 500\ K$, מבצעת עבודה W, ופולטת כמות חום Q_2 למכל שהטמפר
שלו היא $T_2 = 350\ K$.

חשב:

(1) את כמות החום Q_2 שהמכונה פלטה; (10 נקודות)

(2) את העבודה W שהמכונה עשתה; (10 נקודות)

(3) את נצילות המכונה η. (10 נקודות)

פרק שביעי - תורת היחסות הפרטית

23. א. תאר ניסוי המבסס את הטענה, כי המושג "בו־זמניות" הוא מושג יחסי.
(15 נקודות)

גוף נע יחסית למערכת שלנו, כך שהאורך שאנו מייחסים לו שווה למחצית אורכו "העצמי".

ב. באיזו מהירות נע הגוף יחסית למערכת שלנו? (10 נקודות)

ג. בשעון שהיה צמוד לגוף נמדד מרווח זמן של שנייה אחת בין שני מאורעות שקרו במערכת הגוף. מהו מרווח הזמן בין אותם שני מאורעות, אם מודדים אותו במערכת שלנו? (15 נקודות)

ד. מסת הגוף במערכת העצמית שלו היא m_o. האם מסתו m, הנמדדת במערכת שלנו, תהיה שונה? אם לא — נמק מדוע. אם כן — ציין פי כמה תגדל מסתו במערכת שלנו. (10 נקודות)

24. א. תאר בקצרה ניסוי שתוצאותיו מאשרות את אחד העקרונות של תורת היחסות הפרטית. הסבר. (15 נקודות)

ב. באיזו מהירות v צריך אלקטרון לנוע, כדי שהאנרגיה הקינטית שלו תִּשווה לאנרגיית המנוחה שלו? (13 נקודות)

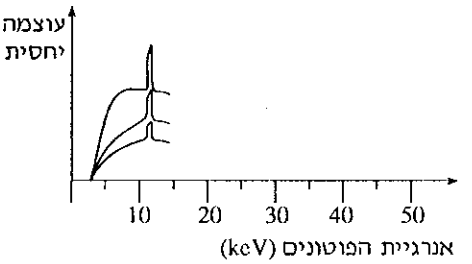
ג. באיזו מהירות צריך אלקטרון לנוע, כדי שהתנע שלו ישווה ל־ m_oc ?
(m_o היא מסת המנוחה של האלקטרון.) (12 נקודות)

ד. מהו המתח החשמלי V, הדרוש כדי להעניק לאלקטרון אנרגיה קינטית השווה לאנרגיית המנוחה שלו? (10 נקודות)
(מסת מנוחה של אלקטרון היא $m_o = 9.11 \times 10^{-31}\,kg$.)

פרק שמיני - אבחון רפואי

.25

תרשים א מתאר ספקטרום של קרינת X בשלושה מתחי הפעלה שונים של שפופרת הקרינה:
25 kV , 35 kV , 45 kV . העקומות בתרשים אינן שלמות.



תרשים א

א. העתק את תרשים א למחברתך, והשלם את שלוש העקומות. הסבר את שיקוליך.
(12 נקודות)

ב. חשב מהו אורך הגל של הפוטון האנרגתי ביותר בכל אחת משלוש הקרינות.
(13 נקודות)

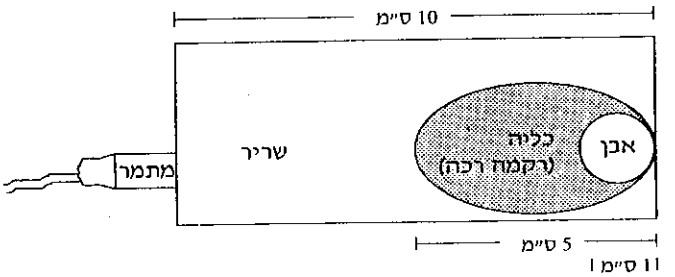
טכנאי רנטגן צריך לצלם עצם בזרוע היד. תרשים ב מתאר חתך מהאזור שצריך לצלם.

תרשים ב

ג. באיזה משלושת המתחים שבסעיף א על הטכנאי לבחור? הסבר. (12 נקודות)

ד. חשב את היחס בין עוצמת הקרינה הנכנסת לבין עוצמת הקרינה היוצאת. (13 נקודות)

26. משתמשים בגלים על־קוליים כדי לאתר אבן בכליה. החתך שבו מבוצעת הסריקה מתואר בתרשים שלפניך.



א. חשב את היחס בין עוצמת הגל,המוחזר למתמר מדופן הכליה שקרובה למתמר, לבין עוצמת הגל המשודר מהמתמר. (12 נקודות)

ב. כמה זמן עבר מזמן השידור עד זמן קליטת ההד מקצה הכליה הקרוב למתמר? (13 נקודות)

ג. צייר גרף המתאר את העוצמה היחסית של ההד הנקלט מקצה הכליה הקרוב למתמר, ושל ההד הנקלט מקצה האבן הקרוב למתמר, כפונקציה של זמן הגעתם למתמר. ניתן להניח כי לאבן תכונות אקוסטיות זהות לאלה של עצם. עליך להתחיל את הגרף מזמן שידור האות, t_0. (12 נקודות)

ד. האם בתמונת המחשב של הגלים העל־קוליים, תיראה האבן בהירה מהכליה או כהה ממנה? יש לזכור כי הד חזק יותר גורם לכתם בהיר יותר בתמונת המחשב. (13 נקודות)

פרק תשיעי - אסטרופיסיקה

27. בטבלה שלפניך מופיעים מהירויות ההתרחקות של גלקסיות אחדות והמרחקים שלהן ביחס לגלקסיה שלנו.

מהירות $\frac{km}{s}$	1,150	5,400	6,700	10,300	21,600
מרחק (Mpc)	11	58	68	105	190

א. תאר והסבר שיטה למדידת מהירויות של גלקסיות. (15 נקודות)

ב. סרטט גרף של מהירות ההתרחקות כפונקציה של המרחק. (10 נקודות)

ג. חשב מתוך הגרף, שסרטטת בסעיף הקודם, את קבוע הַבּל. (15 נקודות)

ד. ציין סיבה אחת לאי־ודאות באשר לגודלו של קבוע הַבּל. (10 נקודות)

28.

א. מהו מקור האנרגיה של השמש? (15 נקודות)

ב. מה מונע את קריסתה של השמש? הסבר. (15 נקודות)

ג. כוכב שקרס הוא בעל צפיפות אחידה ρ . בהנחה שקיים בכוכב שיווי־משקל הידרוסטטי, הראה כי הנוסחה המבטאת את הלחץ p כפונקציה של המרחק r ממרכז הכוכב, היא: $p(r) = p_o - \frac{2\pi G}{3}\rho^2 r^2$

p_o הוא הלחץ במרכזו של הכוכב. (20 נקודות)

מעבדת חקר – תנועת גוף הנגרר על-ידי קפיץ

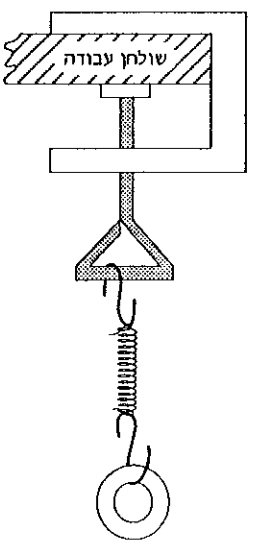
לרשותך הציוד הבא:

1. פס נייר בריסטול
2. קופסה (עם מכסה) שאליה מחובר חוט
3. 18 דִסקיות זהות המשמשות משקולות
4. קפיץ
5. כליבה
6. סרט מדידה
7. סרגל
8. נייר דבק
9. מהדקים משרדיים

חלק ראשון – ניסוי מקדים: קבוע הקפיץ (20 נקודות)

1. הדק את הכליבה אל השולחן, ותלה עליה, באמצעות מהדק משרדי, את הקפיץ (ראה תרשים א).
באמצעות מהדק משרדי שני, תלה בקצה התחתון של הקפיץ משקולות אחדות, ורשום כמה משקולות תלית:

n_1 = _____



תרשים א.

2. מדוד את המרחק האנכי d_1 מהקצה התחתון של הקפיץ עד למקום שתבחר (לוח השולחן, הרצפה וכו'), ורשום את ערכו:

d_1 = _____

3. הוסף משקולות לקפיץ. מספר כל המשקולות התלויות כעת יסומן ב־ n_2. מדוד את המרחק האנכי d_2 מהקצה התחתון של הקפיץ עד לאותה נקודה שבחרת בסעיף 2.

רשום את הערכים של n_2 ושל d_2:

n_2 = _____

d_2 = _____

4. הבע, באמצעות תוצאות הניסוי ובאמצעות המסה m של משקולת אחת, את קבוע הקפיץ.

<u>פרט את חישוביך.</u>

חלק שני — בניית המערכת לחקירת תנועתו של גוף הנגרר על־ידי הקפיץ (10 נקודות)

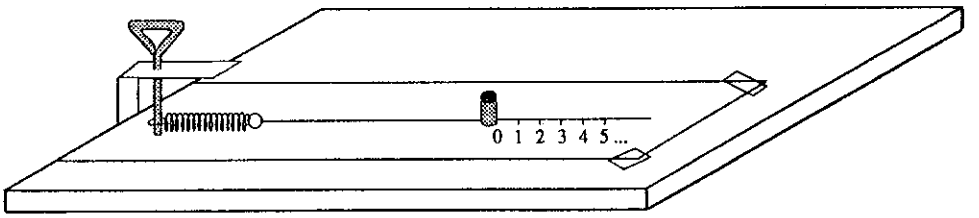
א. הדק את קצה נייר הבריסטול לקצה השולחן באמצעות כליבה, כמתואר בתרשים ב.

ב. הדבק את הקצה השני של הנייר אל השולחן באמצעות נייר דבק.

ג. הנח את הקופסה על הנייר, וקשור את הקצה החופשי של החוט אל הקפיץ. אורך החוט בין הקופסה לבין הקפיץ צריך להיות בין 55 ס"מ ל־ 75 ס"מ.

ד. את הקצה השני של הקפיץ קשור אל הכליבה בגובה כ־ 1 ס"מ מהשולחן.

ה. הרחק את הקופסה מהקפיץ, עד שהחוט והקפיץ יהיו ישרים אך לא מתוחים. במצב זה סמן ב־ 0 את מקומו של קצה הקופסה הרחוק מן הקפיץ, וסרטט על נייר הבריסטול, בהמשך לחוט, ציר מספרים שראשיתו ב־ 0. המרווח בין השנתות על ציר המספרים יהיה 1 ס"מ (כמתואר בתרשים ב).



תרשים ב

חלק שלישי — ביצוע הניסוי של תנועת גוף הנגרר על־ידי הקפיץ

(35 נקודות)

5. הכנס לתוך הקופסה N משקולות, כאשר N בין 6 ל־ 18, וסגור את המכסה.
מספר המשקולות יישאר קבוע בזמן הניסוי.
רשום את מספר המשקולות שהכנסת לקופסה: _____ = N

6. מתח את הקפיץ על־ידי משיכת הקופסה עד אחת השנתות שסימנת על נייר הבריסטול, והחזק את הקופסה במקום. רשום את שיעור ההתארכות x של הקפיץ בטור הימני בטבלה שלפניך. דאג לכך ששיעור ההתארכות יהיה בין 2 ס"מ לבין 14 ס"מ.

x יחידות:	L יחידות: מדידה ראשונה	L יחידות: מדידה שנייה	L יחידות: מדידה שלישית	$\bar{L}$ (ממוצע) יחידות:	x^2 יחידות:

7. שחרר את הקופסה והנח לה לנוע עד העצירה. סמן את מקום העצירה, ומדוד את המרחק L שעברה הקופסה ממקום שחרורה עד מקום העצירה. רשום את המדידה במקום המתאים בטבלה. חזור על מדידת המרחק L שלוש פעמים, כאשר בכל מדידה אתה משחרר את הקופסה מאותו מקום.
רשום את תוצאות המדידות במקומות המתאימים בטבלה.

8. חזור על סעיפים 6-7 עבור ארבעה שיעורי x נוספים.

חלק רביעי — ניתוח תוצאות, מסקנות ושאלות (35 נקודות)

9. השלם את הטבלה ($\bar{L}$ ממוצע ו- x^2), וסרטט גרף המתאר את המרחק הממוצע $\bar{L}$ שעברה הקופסה כפונקציה של ריבוע ההתארכות של הקפיץ x^2. בעמוד 11 יש נייר מילימטרי נוסף, ותוכל להשתמש בו במקרה הצורך. (10 נקודות)

10. בלי להסתמך על תוצאות המדידות, כתוב שִׁוויון המתאר את הקשר בין התארכות הקפיץ x לבין המרחק L שעוברת הקופסה. (5 נקודות) _____

11. האם צורת הקו בגרף שסרטטת בסעיף 9 ונקודת חיתוכו עם הצירים מתאימים לשִׁוויון שכתבת בסעיף 10? הסבר. (7 נקודות)

12. על־סמך השִׁוויון שכתבת בסעיף 10, הגרף שבנית וקבוע הקפיץ כפי שהבעת אותו בסעיף 4, חשב את מקדם החיכוך בין הקופסה לבין נייר הבריסטול. (הזנח את מסת הקופסה הריקה.) (10 נקודות)

13. כיצד משפיע מספר המשקולות N שבקופסה על השגיאה היחסית של מדידת המרחק L? הסבר. (3 נקודות)

תשובות סופיות - 1994

1. א. $t=4\ sec$ ג. $t=3\ sec$ (1)

2. ב. $v_B > v_C$ (1) $|a_B| > |a_C|$ (2)

3. א. $u_1=1\,m/sec$; $u_2=7\,m/sec$ ב. (1) לא (2) כן ג. $U=5.5\,m/sec$
ד. $x=0.26\,m$

4. א. (2) לא ב. $T = 0.77\,sec$ (1) $F=10\,N$ (2) מעלה $W=0.2\,J$ (3)

5. א. $g = 2.5\,m/sec^2$ (1) $g' = g\cdot r^2/R^2$ (2)
$t_{min} = 1412.2\,sec$; $t_{max} = 2828.4\,sec$ (3) ב. $v = 10^4\,m/sec$

6. א. (1) רק באינסוף (2) בנקודת האמצע בין המטענים.
ב. $W=K\cdot q^2/2\cdot d$ ג. (1) B חיובי ו-A שלילי (2) A ו-B לא טעונים

7. א. (3) חוק הזרמים מבוסס על חוק שימור המטען
חוק העניבות מבוסס על חוק שימור האנרגיה
ב. (1) $I=(\epsilon_1+\epsilon_2)/(R_1+R_2)$ (2) $I=I_3\cdot e^{-t/R_3C}$

8. א. (1) V_2 קטן (2) V_1 גדל ב. (1) $\epsilon=1.5\,V$ (2) $r=0.2\,\Omega$
(3) $R_0=1.3\,\Omega$ ג. ההתנגדות החיצונית: R_0+R ד. $P=0.375\,W$

9. א. (1) לא (2) כן
ב. (1) $R = 0.2554\,m$ (2) $m=1.67\cdot10^{-27}\,kg$ (3) $t =5.25\cdot10^{-9}\,sec$

10. א. בשלבים I ו-II ב. (1) בשלב I קבוע, ובשלב II קטן
(2) הכנף קרובה חיובית ג. $\epsilon = 0.078\,V$ ד. בשלב II

11. א. $u = 40\,cm$; $10\,cm$ (1) $f = 12.5\,cm$ (3) ב. (2) להנמיך

12. ב. $\alpha_1 = 19.16^0$; $\alpha_2 = 41.02^0$; $\alpha_3 = 79.88^0$ ג. $\lambda_{max} = 20{,}000\,Å$
ד. $36.87^0 < \alpha < 44.43^0$

13. ב. שמאלה ג. ימינה ד. $P=1.24\cdot10^{-4}\,W$

14. א. $P_{15}^{32} \Longrightarrow S_{16}^{32} + e^-$ ב. $N = 2.67\cdot10^{19}$
ג. (1) $N = 6.24\cdot10^{18}$ (2) $R = 3.5\cdot10^{12}\,Bq$ ד. $n = 2.05\cdot10^{19}$

15. ב. $\alpha = 66.67\,Rad/sec^2$ (1) $a = 3.33\,m/sec^2$ (2) $f_S = 5\,N$ (3)
ג. (1) $E_K = 30\,J$ (2) שליש סיבובית ושני שליש מרכז המסה

16. א. $\omega'=1.6\cdot\omega$ ב. $\Delta E_K = 0.3\cdot M\cdot R^2\cdot\omega$

17. ב. (1) $P=313.46\,W$ (2) $\cos(\theta)=0.943$
ג. (1) $L=0.169\,H$ (2) $\cos(\theta)=1$ ד. כן

18. א. (1) $V_5=V_Z$; $V_4=V_L-V_C$; $V_3=V_L$; $V_2=V_R$; $V_1=V_C$ (2) הפרש המופע בין המתח הכללי והזרם הכללי
ב. (2) $-\pi/2$ (3) $\pi/2$ ג. α תגדל ד. $I=1.6\,A$

19. ב. $P = P_0 + p$ ג. $P_0=1.04\cdot10^5\,N/m^2$ ד. $n=1.49\cdot10^{-3}\,mol$

20. ב. $v_A=0.67\,m/sec$; $v_B=2.67\,m/sec$ ג. $P_A - P_B = 3.33\cdot10^3\,N/m^2$
ד. $h=2.5\,cm$

21. א. $T=300^0K$ ב. לא ג. $\Delta S = 14.34\,J/K^0$ ד. נכון רק לתהליך הפיך.

22. ג. (1) $T=159.2^0K$ (2) $W=15{,}008\,J$

23. א. (1) $u=1.2\,c$ (2) $u=0.88\,c$ ב. $\Delta t=5\cdot10^{-4}\,sec$
ג. $\Delta t_0=4\cdot10^{-4}\,sec$

24. א. $\vec{p}_\nu = -\vec{p}_\mu$ ב. קטנה מ- $\Delta(mc^2)$ ג. $E=30\,MeV$

25. א. $x=2\cdot10^{-3}\,m$ ב. $5\cdot10^6\frac{kg}{sec\cdot m^2}$; $Z=4\cdot10^5\frac{kg}{sec\cdot m^2}$
ג. $I=I_0\cdot9.6\cdot10^{-8}$

26. א. $Te_D = 3.43\,hr$; $Te_C = 4\,hr$; $Te_B = 3\,hr$ ב. B ג. C ד. B

27. א. $T=5800^0K$ ב. $L=3.95\cdot10^{26}\,W$

28. א. $v=0.0477\,c$ ב. $r=286.6\,Mpc$ ג. $M=2.11\cdot10^{41}\,kg$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

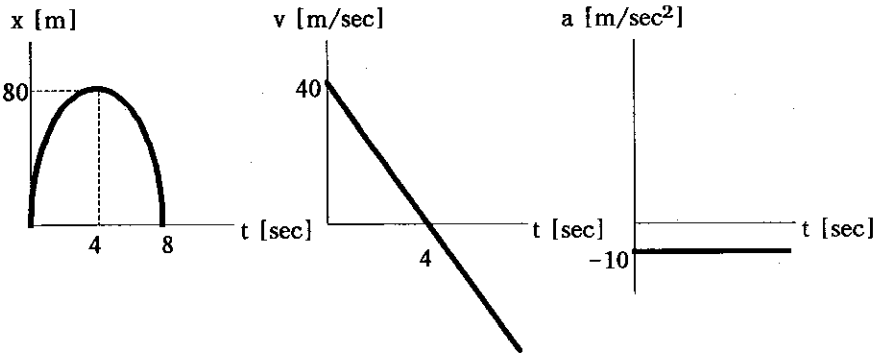
א. התנועה היא זריקה אנכית כלפי מעלה.

הנתונים הם: $v_0=40\,m/sec$; $a=g=-10\,m/sec^2$; $v=0$

$$v = v_0 + a\cdot t \implies t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{0 - 40}{-10} = 4\,sec$$

ב. נערוך טבלה ובה כל הערכים המשתנים בזמן:

t [sec]	$x=x_0+v_0\cdot t+\frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$ [m]	$v=v_0+a\cdot t$ $\left[\frac{m}{sec}\right]$	a $\left[\frac{m}{sec^2}\right]$
0	$0+40\cdot 0+0.5\cdot(-10)\cdot 0^2=0$	$40+(-10)\cdot 0=40$	-10
1	$0+40\cdot 1+0.5\cdot(-10)\cdot 1^2=35$	$40+(-10)\cdot 1=30$	-10
2	$0+40\cdot 2+0.5\cdot(-10)\cdot 2^2=60$	$40+(-10)\cdot 2=20$	-10
3	$0+40\cdot 3+0.5\cdot(-10)\cdot 3^2=75$	$40+(-10)\cdot 3=10$	-10
4	$0+40\cdot 4+0.5\cdot(-10)\cdot 4^2=80$	$40+(-10)\cdot 4=0$	-10
5	$0+40\cdot 5+0.5\cdot(-10)\cdot 5^2=75$	$40+(-10)\cdot 5=-10$	-10
6	$0+40\cdot 6+0.5\cdot(-10)\cdot 6^2=60$	$40+(-10)\cdot 6=-20$	-10
7	$0+40\cdot 7+0.5\cdot(-10)\cdot 7^2=35$	$40+(-10)\cdot 7=-30$	-10
8	$0+40\cdot 8+0.5\cdot(-10)\cdot 8^2=0$	$40+(-10)\cdot 8=-40$	-10

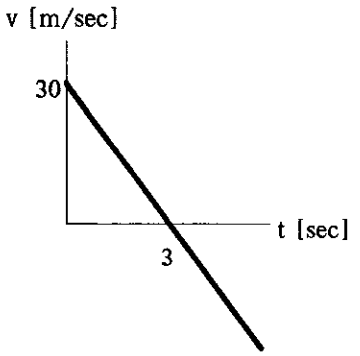


ג. (1) המהירות של האבן מתאפסת, מבחינת האדם הנע בכדור הפורח, כאשר המהירות היחסית שבין האבן והכדור הפורח מתאפסת. המהירות היחסית מתאפסת כאשר המהירות של כל אחד מהם, ביחס לארץ, היא שווה.

כאשר מהירות האבן היא $10\,m/sec$ יחסית לארץ (לאחר $3\,sec$ - מהטבלה) האבן נראית במהירות אפס.

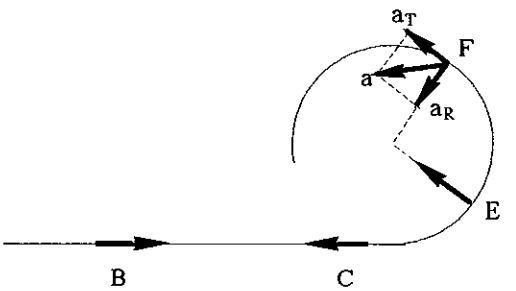
(2) גרף המהירות שונה מגרף המהירות ביחס לארץ בכך שההמהירות קטנה ב-10 m/sec בכל שניה, על פי טרנספורמצית המהירויות של גלילאי:

$u' = u - V$



פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. ווקטור המהירות משיק תמיד, על פי הגדרתו, למסלול התנועה.
ווקטור התאוצה בנקודה B הוא בכיוון התנועה כי גודל המהירות גדל. (שינוי ההעתק ביחידת זמן גדל)
ווקטור התאוצה בנקודה C הוא בכיוון הפוך לכיוון התנועה כי גודל המהירות קטן (שינוי ההעתק ביחידת זמן קטן).
ווקטור התאוצה בנקודה E הוא בכיוון מרכז המעגל (נקודה O) כי זוהי תנועה מעגלית במהירות קבועה (שינוי הזווית ביחידת זמן הוא קבוע)
ווקטור התאוצה בנקודה F מורכב מווקטור תאוצה רדיאלית בכיוון מרכז המעגל ווקטור תאוצה משיקית בכיוון משיק לכיוון התנועה.



ב. (1) גודל המהירות בנקודה B גדול מגודל המהירות בנקודה C כי שינוי ההעתק ביחידת זמן בנקודה B גדול משינוי ההעתק ביחידת זמן בנקודה C
(2) התאוצה בנקודה B והתאוצה בנקודה C שונות בסימנן. בערכה המוחלט, גדולה התאוצה בנקודה B מן התאוצה בנקודה C כי המהירות הממוצעת בשניה אחרי נקודה B גדולה פי שניים מן המהירות הממוצעת בשניה לפני הנקודה B, ואילו המהירות הממוצעת בשניה שלפני הנקודה C גדולה פי 1.5 מהמהירות הממוצעת בשניה אחרי C, כך ששינוי המהירות (התאוצה) בנקודה B הוא גדול יותר.

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. לאחר שכבר אין מגע בין הגופים ההתנגשות היתה התנגשות אלסטית מכיוון שלא אבדה אנרגיה בהתנגשות. (באופן זמני הפכה אנרגיה מקינטית לפוטנציאלית אלסטית אבל חזרה להיות קינטית).
משוואות ההתנגשות האלסטית הן:

$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \implies 2 \cdot 10 + 6 \cdot 4 = 2 \cdot u_1 + 6 \cdot u_2$

(1) $22 = u_1 + 3 \cdot u_2$

$v_1 - v_2 = u_2 - u_1 \implies 10 - 4 = u_2 - u_1$

(2) $6 = u_2 - u_1$

פתרון שתי המשוואות הוא: $u_1 = 1\,m/sec$; $u_2 = 7\,m/sec$

ב. (1) האנרגיה הקינטית לא נשמרת כי חלק מן האנרגיה הופך לאנרגיה פוטנציאלית אלסטית.
(2) כן. התנע הקווי של המערכת נשמר מכיוון שלא פועלים על המערכת כוחות חיצוניים.

ג. (1) מחוק שימור התנע הקווי: $m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot U$

$$U = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{2 \cdot 10 + 6 \cdot 4}{2 + 6} = 5.5\,\frac{m}{sec}$$

(2) מחוק שימור האנרגיה המכנית:

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot (m_1 + m_2) \cdot U^2 + \frac{1}{2} \cdot k \cdot x^2$$

$$x = \sqrt{\frac{m_1 \cdot v_1^2 + m_2 \cdot v_2^2 - (m_1 + m_2) \cdot U^2}{k}}$$

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^2 + 6 \cdot 4^2 - (2 + 6) \cdot 0.55^2}{800}} = 0.26\,m$$

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. (1) תנועה הרמונית פשוטה היא תנועה בהשפעת כוח מחזיר התלוי ביחס ישר במרחק מנקודת שיווי המשקל. בצורה מתמטית: $\vec{F} = -K \cdot \vec{x}$
(2) לא כל תנועה מחזורית היא תנועה הרמונית, כי לא כל כוח מחזיר תלוי במרחק מנקודת שיווי המשקל. למשל, גוף הנופל מגובה h מתנגש אלסטית בקרקע וחוזר לגובה ממנו נפל, נע בתנועה מחזורית בהשפעת כוח המשיכה שבקירוב של מרחקים קטנים הוא כוח קבוע.

ב. (1) את K נמצא מתיאור מצב שיווי המשקל: $\Sigma F_Y = 0$

$$m \cdot g - K \cdot x_0 = 0 \implies k = \frac{m \cdot g}{x_0} = \frac{0.6 \cdot 10}{0.15} = 40\,\frac{N}{m}$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{0.6}{40}} = 0.77\,sec$$

$$F = -K\cdot x = -40\cdot(0.15 + 0.1) = -10\,N \qquad (2)$$

משמעות סימן ה-(-) היא שכיוון המשיכה הוא מטה ולכן כיוון הכוח הוא מעלה.

$$W = \Delta E = \frac{1}{2}\cdot k\cdot(x_0 + x)^2 - \left[m\cdot g\cdot x + \frac{1}{2}\cdot k\cdot x_0^2\right] \qquad (3)$$

$$W = \frac{1}{2}\cdot 40\cdot(0.15 + 0.1)^2 - \left[0.6\cdot 10\cdot 0.1 + \frac{1}{2}\cdot 40\cdot 0.15^2\right] = 0.2\,J$$

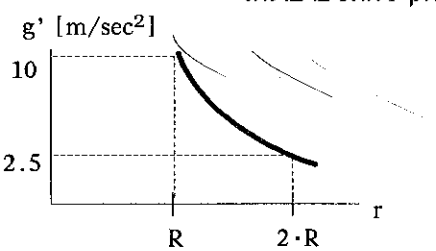
פיתרון מספר 5 - מכניקה

א.

$$g' = \frac{G\cdot M}{r^2} = \frac{G\cdot M}{(2\cdot R)^2} = \frac{1}{4}\cdot\frac{G\cdot M}{R^2} = \frac{1}{4}\cdot g = \frac{1}{4}\cdot 10 = 2.5\,\frac{m}{sec^2} \qquad (1)$$

$$g' = \frac{G\cdot M}{r^2} = \frac{G\cdot M}{r^2}\cdot\frac{R^2}{R^2} = \frac{G\cdot M}{R^2}\cdot\frac{R^2}{r^2} = g\cdot\frac{R^2}{r^2} \qquad (2)$$

הגרף של g' כפונקציה של המרחק r הוא פרבולה:



(3) הגבולות נקבעים על פי תאוצות הכובד בגובה R ועל פני הכוכב.
בכל מקרה, לשם חישוב זמן הנפילה, נניח שהתנועה היא נפילה חופשית בתאוצה קבועה.

$$y = \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2\cdot y}{g}}$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{2\cdot 10^7}{10}} = 1412.2\,sec \;;\quad t_{max} = \sqrt{\frac{2\cdot 10^7}{2.5}} = 2828.4\,sec$$

ב. נשתמש בשיקולי אנרגיה:

$$-\frac{G\cdot M\cdot m}{2\cdot R} = -\frac{G\cdot M\cdot m}{R} + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

$$v = \sqrt{2\cdot G\cdot M\cdot\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{2R}\right)}$$

נציב את הזהות: $g\cdot R^2 = G\cdot M$

$$v = \sqrt{2\cdot g\cdot R^2\cdot\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{2R}\right)} = \sqrt{2\cdot g\cdot R\cdot\left(1 - \frac{1}{2}\right)} = \sqrt{g\cdot R} = \sqrt{10\cdot 10^7} = 10^4\,\frac{m}{sec}$$

פיתרון מספר 6 - חשמל

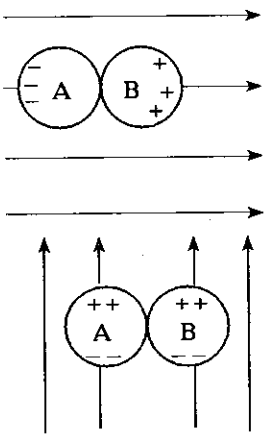
א. (1) השדה החשמלי השקול בנקודות שבין שני המטענים הוא ימינה כי השדה החשמלי של כל אחד מהמטענים הוא ימינה, כך שהשדה אינו יכול להיות אפס באיזור זה.
בנקודות הנמצאות מימין ומשמאל לשני המטענים השדה החשמלי של שני המטענים מנוגד בכיוונו, אבל גודל השדה החשמלי שונה בגודלו כי המרחק משני המטענים שונה, כך שהשדה אינו יכול להתאפס.
רק במרחק אינסופי משני המטענים, כאשר השדה החשמלי של כל אחד מהם הוא אפס, גם השדה החשמלי השקול שווה לאפס.
(2) הפוטנציאל החשמלי מתאפס בנקודת האמצע בין שני המטענים:

$$V = \frac{K\cdot q}{d/2} + \frac{K\cdot(-q)}{d/2} = 0$$

ב. העבודה שווה להפרש האנרגיות הפוטנציאליות החשמליות בין שני המצבים:

$$W = \Delta E = \frac{K\cdot q\cdot(-q)}{2\cdot d} - \frac{K\cdot q\cdot(-q)}{d} = K\cdot q^2\cdot\left(\frac{1}{d} - \frac{1}{2\cdot d}\right) = \frac{K\cdot q^2}{2\cdot d}$$

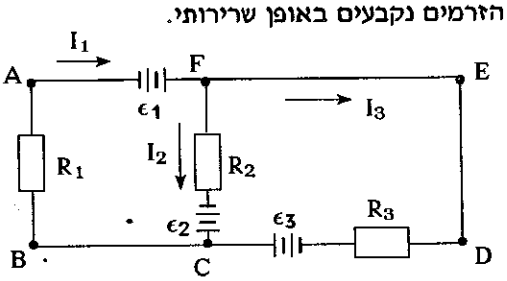
ג. (1) מכיוון שהכדורים מוליכים תהיה תנועת מטענים. לאמיתו של דבר רק האלקטרונים נעים, במקרה זה מ-B ל-A כך שבכדור הימני יש מחסור באלקטרונים ולכן הוא טעון חיובי, ובכדור השמאלי יש עודף אלקטרונים ולכן הוא טעון שלילי. לאחר ההפרדה ישאר כל אחד מהכדורים טעון.



(2) כאשר שני הכדורים נמצאים זה לצד זה בשדה החשמלי, תהיה בכל אחד מהכדורים תנועה של אלקטרונים בכיוון הפוך לכיוון השדה החשמלי, אבל לא תהיה תנועה מכדור לכדור, כך שכאשר יופרדו הכדורים ישאר כל אחד מהכדורים חסר מטען.

פתרון מספר 7 - חשמל

א. (1) כיווני הזרמים נקבעים באופן שרירותי.



(2) משוואת הזרמים היא: $(1)\quad I_1 = I_2 + I_3$

משוואות העניבות הן: $(2)\quad \epsilon_1 + \epsilon_2 = I_2 \cdot R_2 + I_1 \cdot R_1 \quad \overrightarrow{(AFCBA)}$

$(3)\quad \epsilon_1 + \epsilon_3 = I_3 \cdot R_3 + I_1 \cdot R_1 \quad \overrightarrow{(AFEDCBA)}$

(3) חוק הזרמים של קירכהוף מתבסס על חוק שימור המטען החשמלי. כל המטען החשמלי שיוצא מצומת מסוים היה חייב להיכנס אליו כי לא נוצר בצומת מטען חשמלי.
חוק העניבות של קירכהוף מבוסס על חוק שימור האנרגיה. במהלך סיבוב שלם בתוך המעגל החשמלי, ההספק המסופק ע"י המעגל שווה להספק הנצרך על ידי הצרכנים.

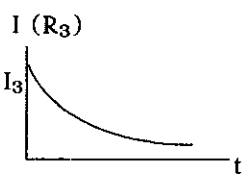
ב. (1) יש זרם רק בעניבה ABCF: $\epsilon_1 + \epsilon_2 = I \cdot (R_1 + R_2)$

$$I = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{R_1 + R_2}$$

(2) בנגד R_3 יש זרם בזמן טעינת הקבלהנוסחה המתארת את הזרם על הנגד כפונקציה של הזמן היא:

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

כאשר R הוא התנגדות הנגד R_3 ו-C הוא קיבול הקבל. הזרם I_0 הוא הזרם הזורם בנגד ברגע הראשון, כאשר אין הקבל כלל לא טעון. מצב זה זהה למצב שתואר בחיבור הקודם ולכן הזרם הראשוני בנגד הוא I_3:



$$I = I_3 \cdot e^{-\frac{t}{R_3 C}}$$

(3) אלקטרונים נעים מצד אחד של הקבל לצד השני שלו דרך המעגל (זהו הזרם) וכך נוצר מחסור באלקטרונים בצד אחד (מטען שלילי) ועודף אלקטרונים (מטען חיובי) בצד השני.

פתרון מספר 8 - חשמל

א. (1) הגדלת התנגדות הנגד המשתנה גורמת להקטנת הזרם במעגל כי הזרם הכללי נתון בביטוי:

$$I = \frac{\epsilon}{r + R_0 + R}$$

המתח V_2 קטן כי המתח הוא: $V_2 = I \cdot R_0 = \frac{\epsilon \cdot R_0}{r + R_0 + R}$

וככל ש-R גדל כך V_2 קטן.

(2) המתח V_1 הוא מתח ההדקים של המעגל: $V_1 = \epsilon - I \cdot r$

כאמור, ככל ש-R גדל כך I קטן, ולכן V_1 גדל.

ב. (2) תרשים ב' מתאר את מתח ההדקים כפונקציה של הזרם הכללי במעגל. נבחר שתי נקודות בגרף (0.4,1.42) ; (0.8,1.34) ונחשב את שיפוע הגרף:

$$m = \frac{\Delta V_1}{\Delta I} = \frac{1.34 - 1.42}{0.8 - 0.4} = -0.2$$

מהמשוואה המקשרת את מתח ההדקים והזרם הכללי אנחנו רואים ששיפוע הגרף הוא מינוס התנגדות הפנימית: $m = -r$

ולכן: $r = -m = -(-0.2) = 0.2\ \Omega$

(1) נציב באחת הנקודות: $\epsilon = V_1 + I\cdot r = 0.8\cdot 0.2 + 1.34 = 1.5\,V$

(3) את ההתנגדות R_0 נמצא משיפוע הגרף שבתרשים ג':

$$R_0 = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{1.3 - 0}{1.0 - 0} = 1.3\Omega$$

ג. מכיוון ש-V_1 הוא מתח ההדקים, מתקיים הקשר: $V_1 = I\cdot(R_0 + R)$

כך שהיחס בין מתח ההדקים והזרם הכללי הוא ההתנגדות החיצונית הכללית של המעגל:

$$\frac{V_1}{I} = R_0 + R$$

ד. נחשב את ההתנגדות של הנגד המשתנה במצב זה: $\epsilon = I\cdot(R + R_0 + r)$

$$R = \frac{\epsilon}{I} - R_0 - r = \frac{1.5}{0.5} - 1.3 - 0.2 = 1.5\ \Omega$$

ההספק הוא: $P = I^2\cdot R = 0.5^2\cdot 1.5 = 0.375\,W$

פיתרון מספר 9 - חשמל

א. (1) האנרגיה הקינטית של חלקיק באלומה לא משתנה מכיוון שגודל המהירות לא משתנה בתנועה בשדה מגנטי.

(2) התנע הקווי של החלקיק כן משתנה מכיוון שכיוון המהירות משתנה ולכן גם משתנה כיוון התנע הקווי (גודל התנע הקווי נשאר קבוע אבל כיוונו משתנה.)

ב. (1) מן הגיאומטריה שבשרטוט: $\frac{0.1}{R} = \sin(23.05^0)$

$$R = \frac{0.1}{\sin(23.05^0)} = 0.2554\,m$$

(2) מהירות החלקיקים תלויה באנרגיה שהיתה להם:

$$E_K = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 \quad 3c\ v = \sqrt{\frac{2\cdot E_K}{m}}$$

רדיוס הסיבוב תלוי במסה ובמהירות:

$$R = \frac{m\cdot v}{q\cdot B} = \frac{m}{q\cdot B}\cdot\sqrt{\frac{2\cdot E_K}{m}} = \frac{\sqrt{2\cdot E_K\cdot m}}{q\cdot B}$$

$$m = \frac{q^2\cdot B^2\cdot R^2}{2\cdot E_K} = \frac{(-1.6\cdot 10^{-19})^2\cdot 0.8^2\cdot 0.2554^2}{2\cdot 3.2\cdot 10^{-13}} = 1.67\cdot 10^{-27}kg$$

חלקיק זה שמסתו זהה למסת הפרוטון ומטענו הוא שלילי נקרא אנטי-פרוטון.

$$\theta = 23.05 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{360} = 0.402\,\text{Rad} \qquad (3)$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{m}{q \cdot B}$$

$$t = \frac{\theta}{2 \cdot \pi} \cdot T = \frac{\theta \cdot m}{q \cdot B} = \frac{0.402 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.8} = 5.25 \cdot 10^{-9}\,\text{sec}$$

פיתרון מספר 10 - חשמל

א. א.כ.א.מ. מושרה נוצר כאשר יש זווית בין כיוון התקדמות המטענים החשמליים ובים כיוון השדה המגנטי, היינו בשלבים I ו-II.

ב. (1) הכ.א.מ. תלוי במהירות, ולכן בשלב I הכ.א.מ. הוא קבוע ואילו בשלב II בו המטוס מאט הכ.א.מ. הולך וקטן.

(2) על פי כלל יד ימין למציאת כיוון הכוח המגנטי הפועל על מטען חשמלי חיובי המטענים החיוביים "נעים" לכיוון הכנף הקרובה לקורא ולכן צד זה יהיה טעון המטען חיובי (במציאות המטענים השליליים הם שנעים לכיוון הצד הרחוק מן הקורא)

ג. בשלב I: $\epsilon = v \cdot B \cdot L \cdot \sin(\alpha) = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 30 \cdot 150 \cdot \sin(120^0) = 0.078\,V$

ד. בשלב II בו הכ.א.מ. משתנה עובר זרם דרך כנפי המטוס בגלל שינוי הכ.א.מ.

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. (1) הנתונים הם: $f = 8\,cm \;;\; v + u = 50\,cm$

נשתמש במשוואת העדשות:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \implies \frac{1}{8} = \frac{1}{u} + \frac{1}{50 - u}$$

$$u \cdot (50 - u) = 8 \cdot (50 - u) + 8 \cdot u$$

$$u^2 - 50 \cdot u + 400 = 0$$

$$u_{1,2} = \frac{50 \pm \sqrt{(-50)^2 - 4 \cdot 1 \cdot 400}}{2 \cdot 1} = \begin{matrix} 40\,cm \\ 10\,cm \end{matrix}$$

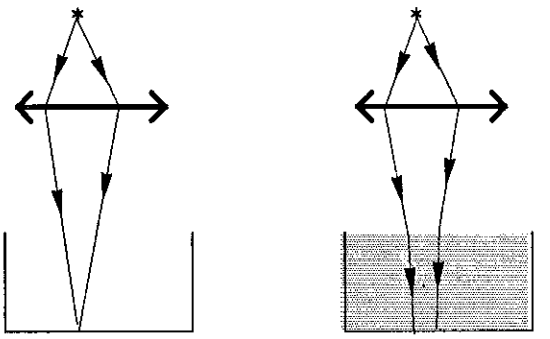
(2) אם נחליף את מיקום העצם ומיקום הדמות, ללא שינוי מקום העדשה יהיה מהלך הקרניים זהה, כך שבמקום, למשל, גוף ב-40 cm ודמות ב-10 cm יהיה המצב ההפוך של גוף ב-10 cm ודמות ב-40 cm.

(3) הנתון אומר, בעצם שמרחק הדמות ומרחק הגוף מהעדשה זהים (ולכן אין שתי אפשרויות). מכאן:

$$v' = u' = \frac{50}{2} = 25\,cm$$

נציב ונקבל: $\frac{1}{f} = \frac{1}{u'} + \frac{1}{v'} = \frac{1}{25} + \frac{1}{25} = \frac{1}{12.5} \implies f = 12.5\,cm$

ב. (1) מכיוון שקרני האור נשברות בכניסה למים הדמות אמורה להיווצר בנקודה רחוקה יותר מאשר קרקעית הכלי מכיוון שהזווית בתוך המים קטנה מהזווית באוויר (כי מקדם השבירה של המים גדול יותר), ולכן בקרקעית הכלי יהיה כתם מטושטש.



(2) מן השרטוט ברור שיש להנמיך את הכלי מכיוון שהדמות נוצרת עכשיו בנקודה נמוכה יותר.

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. ספקטרומטר סריג הוא סריג עקיפה המורכב ממספר רב של סדקים מקבילים. האור העובר דרכו, הנובע מן המנורה ועובר דרך החריץ הצר יוצר פסי התאבכות בונה (אילו הם פסים בגלל צורת הסדק שהיא בעצמה קווית). את הזווית בה נוצרים פסי ההתאבכות הבונה קוראים בעזרת סקאלה מעגלית שרדיוסה שווה למרחק בין סריג העקיפה והחריץ.

ב. הקשר בין הזווית בה נוצרת ההתאבכות הבונה ובין אורך הגל הוא:

$$\sin(\alpha) = n \cdot \lambda \cdot N^*$$

קבוע הסריג הוא:

$$N^* = 5{,}000\,\frac{1}{cm} = 5 \cdot 10^5 \frac{1}{m}$$

$$\sin(\alpha_1) = 1 \cdot 6563 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^5 = 0.32815 \implies \alpha_1 = 19.16^0$$
$$\sin(\alpha_2) = 2 \cdot 6563 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^5 = 0.6563 \implies \alpha_2 = 41.02^0$$
$$\sin(\alpha_3) = 3 \cdot 6563 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^5 = 0.98445 \implies \alpha_3 = 79.88^0$$

ג. אורך הגל המירבי הוא כאשר הזווית היא 90^0 בסדר העקיפה הראשון.

$n=1$; $\alpha_1=90^0$

$$\lambda = \frac{\sin(\alpha)}{n \cdot N^*} = \frac{\sin(90^0)}{1 \cdot 5 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^4\,m = 20{,}000\,Å$$

ד. הזוויות של הסדר השני הן:

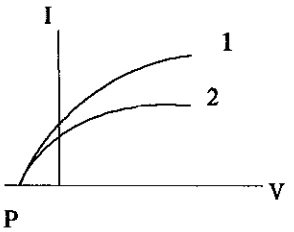
$$\sin(\alpha_{min}) = 2 \cdot 4000 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^5 = 0.4 \implies \alpha_{min} = 23.58^0$$
$$\sin(\alpha_{max}) = 2 \cdot 7000 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^5 = 0.7 \implies \alpha_{max} = 44.43^0$$

הזוויות של הסדר השלישי הן:

$$\sin(\alpha_{min}) = 3 \cdot 4000 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^5 = 0.6 \implies \alpha_{min} = 36.87^0$$
$$\sin(\alpha_{max}) = 3 \cdot 7000 \cdot 10^{-10} \cdot 5 \cdot 10^5 = 1.05 \implies \alpha_{max} = \infty$$

סדר העקיפה השלישי אינו שלם כי $\sin(\alpha)$ גדול מאחד.
תחום החפיפה בין שני הסדרים הוא בין הזווית 36.87^0 שמתחיל הסדר השלישי ובין הזווית 44.43^0 שבה מסתיים הסדר השני.

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית



א. כאשר המרחק בין מקור האור והתא גדול יותר (2), מספר הפוטונים המגיעים לתא בשניה הוא קטן יותר, ולכן זרם הרוויה קטן יותר.
מכיוון שאין שינוי בצבע האור, אורך הגל נשאר קבוע והאנרגיה של כל פוטון באלומה נשארת קבועה. לכן, מתח העצירה (נקודה P) התלוי באנרגיה של הפוטון הפוגע אינו משתנה.

ב. כאשר אורך הגל קצר יותר האנרגיה של כל פוטון באלומה גדולה יותר כי יש יחס הפוך בין אורך הגל והאנרגיה של הפוטון:

$$E_{photon} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

ככל שהאנרגיה של הפוטון גדולה יותר כך מתח העצירה (V) הדרוש גדול יותר, כי נשארת יותר אנרגיה קינטית לאלקטרון החופשי (אנרגית הקשר B היא קבועה)

$$q \cdot V = E_K = E_{photon} - B$$

הנקודה תזוז, לכן, שמאלה, כי מתח העצירה גדול יותר ושלילי.

ג. כאשר אנרגית הקשר גדולה יותר, חלק יותר גדול מאנרגית הפוטון משמש לשחרור האלקטרון ונשארת פחות אנרגיה קינטית לאלקטרון החופשי וצריך לכן מתח עצירה קטן יותר כדי לעצור אותו.
הנקודה תזוז, לכן, ימינה, כי מתח העצירה קטן יותר.

ד. זרם הרוויה מתקיים כאשר כל האלקטרונים שנפלטו מן הקתודה הגיעו אל האנודה. נמצא לכן, מן הנתון על זרם הרוויה, את מספר האלקטרונים (n_e) שנפלטו:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \implies \Delta q = I \cdot \Delta t = 3 \cdot 10^{-7} \cdot 1 = 3 \cdot 10^{-7} C$$

$$\Delta q = n_e \cdot q_e \implies n_e = \frac{\Delta q}{q_e} = \frac{3 \cdot 10^{-7}}{1.6 \cdot 10^{-19}} = 1.875 \cdot 10^{12}$$

נחשב את מספר הפוטונים שנפלטו ממקור האור:

$$0.005 \cdot n_{photon} = n_e \implies n_{photon} = \frac{n_e}{0.005} = \frac{1.875 \cdot 10^{12}}{0.005} = 3.75 \cdot 10^{14}$$

האנרגיה של כל פוטון שנפלט ממקור האור היא (נשתמש במשוואה המקורית ולא במשוואת הקיצור כי האנרגיה דרושה לנו בג'אול ולא ב-eV):

$$E_{photon} = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6.63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^{8}}{6000 \cdot 10^{-10}} = 3.315 \cdot 10^{-19} J$$

האנרגיה הנפלטת ממקור האור בשניה אחת היא המכפלה של מספר הפוטונים הנפלטים בשניה באנרגיה של כל פוטון:

$$E = n_{photon} \cdot E_{hoton} = 3.75 \cdot 10^{14} \cdot 3.315 \cdot 10^{-19} = 1.24 \cdot 10^{-4} J$$

הספק מקור האור הוא כמות האנרגיה הנפלטת ממנו בשניה:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1.24 \cdot 10^{-4}}{1} = 1.24 \cdot 10^{-4} W$$

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. בהתפרקות β^- הופך נויטרון אחד בגרעין לפרוטון ונפלט אלקטרון. המספר האטומי (מספר הפרוטונים בגרעין) גדל ב-1 והמשקל האטומי (מספר הנוקלאונים בגרעין) נשאר קבוע:

$$P_{15}^{32} \implies S_{16}^{32} + e^-$$

ב. קצב ההתפרקות הוא: $R = 1.5 \cdot 10^{13}\ Bq$

קבוע הדעיכה הוא: $\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{14.3 \cdot 86{,}400} = 5.61 \cdot 10^{-7} \frac{1}{sec}$

$$R = \lambda \cdot N \implies N = \frac{R}{\lambda} = \frac{1.5 \cdot 10^{13}}{5.61 \cdot 10^{-7}} = 2.67 \cdot 10^{19}$$

ג. נסמן את מספר הגרעינים ברגע אפס ב-N_0: $N_0 = 2.67 \cdot 10^{19}$

הקשר בין מספר הגרעינים בזמן t ובין מספר הגרעינים בזמן אפס הוא:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

הזמן הוא: $t = 30 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 2.592 \cdot 10^{6} sec$

(1) מספר הגרעינים לאחר 30 יום הוא:

$$N(t) = 2.67 \cdot 10^{19} \cdot e^{-5.61 \cdot 10^{-7} \cdot 2.592 \cdot 10^{6}} = 6.24 \cdot 10^{18}$$

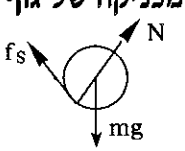
$$R = \lambda \cdot N = 5.61 \cdot 10^{-7} \cdot 6.24 \cdot 10^{18} = 3.5 \cdot 10^{12}\ Bq \qquad (2)$$

ד. מספר גרעיני העופרת שהצטברו שווה למספר ההתפרקויות שהיו:

$$n = N_0 - N = 2.67 \cdot 10^{19} - 6.24 \cdot 10^{18} = 2.05 \cdot 10^{19}$$

פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. הכוחות הפועלים על הגליל הם:



ב. משוואת הכוחות של תנועת מרכז המסה היא: $\Sigma F = m\cdot a$

$$mg\cdot\sin(\alpha) - f_S = m\cdot a$$

משוואת המומנטים ביחס למרכז המסה היא:

$$f_S\cdot R = I\cdot\alpha$$

נציב: $\alpha = \frac{a}{R}$; $I = \frac{1}{2}\cdot m\cdot R^2$ ונקבל: $f_S = \frac{m\cdot a}{2}$

נציב את התוצאה של משוואת המומנטים במשוואת הכוחות ונקבל:

$$mg\cdot\sin(\alpha) - \frac{m\cdot a}{2} = m\cdot a$$

$$a = \frac{2}{3}\cdot g\cdot\sin(\alpha) = \frac{2}{3}\cdot 10\cdot\sin(30^0) = 3.33\,\frac{m}{sec^2} \qquad (2)$$

$$\alpha = \frac{a}{R} = \frac{3.33}{0.05} = 66.67\frac{Rad}{sec^2} \qquad (1)$$

$$f_S = \frac{m\cdot a}{2} = \frac{3\cdot 3.33}{2} = 5\,N \qquad (3)$$

ג. (1) יש שימור אנרגיה מכנית למרות פעולת החיכוך כי זהו חיכוך סטטי, ופעולת הכוח לא נעשית לאורך דרך (המהירות הרגעית בנקודת המגע היא תמיד אפס) האנרגיה הקינטית שווה לשינוי האנרגיה הפוטנציאלית:

$$E_K = \Delta(m\cdot g\cdot h) = m\cdot g\cdot\Delta h = m\cdot g\cdot x\cdot\sin(\alpha) = 3\cdot 10\cdot 2\cdot\sin(30^0) = 30\,J$$

(2) האנרגיה הסיבובית סביב מרכז המסה היא:

$$E_{K\,\omega} = \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2 = \frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot m\cdot r^2\right)\cdot\left(\frac{v}{r}\right)^2 = \frac{1}{4}\cdot m\cdot v^2$$

האנרגיה הקינטית של מרכז המסה היא: $E_{K\,C.M.} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$

$$E_K = E_{K\,C.M.} + E_{K\,\omega} = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{4}\cdot m\cdot v^2 = \frac{3}{4}\cdot m\cdot v^2$$

$$\frac{E_{K\,\omega}}{E_K} = \frac{1/4\cdot m\cdot v^2}{3/4\cdot m\cdot v^2} = \frac{1}{3} \quad ; \quad \frac{E_{K\,C.M.}}{E_K} = \frac{1/2\cdot m\cdot v^2}{3/4\cdot m\cdot v^2} = \frac{2}{3}$$

שליש מהאנרגיה הקינטית הכללית הוא אנרגיה קינטית סיבובית ושני שליש הוא האנרגיה הקינטית של מרכז המסה.

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. מתקיים חוק שימור התנע הזוויתי כי לא פועל מומנט חיצוני על המערכת.

$$I'\cdot\omega' = I\cdot\omega \quad \Longrightarrow \quad \omega' = \omega\cdot\frac{I}{I'}$$

$$I = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2 + m\cdot R^2 = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2 + \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2 = M\cdot R^2$$

$$I' = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2 + m\cdot(0.5\cdot R)^2 = \frac{1}{2}\cdot M\cdot R^2 + 0.125\cdot M\cdot R^2 = 0.625\cdot M\cdot R^2$$

$$\omega' = \omega \cdot \frac{M \cdot R^2}{0.625 \cdot M \cdot R^2} = 1.6 \cdot \omega$$

ב. האנרגיה הקינטית גדלה מכיוון שפעולת שרירי הרגליים של הילד מכניסה אנרגיה למערכת.
תוספת האנרגיה הקינטית היא:

$$\Delta E_K = \frac{1}{2} \cdot I' \cdot \omega'^2 - \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot 0.625 \cdot M \cdot R^2 \cdot 1.6^2 \cdot \omega^2 - \frac{1}{2} \cdot M \cdot R^2 \cdot \omega^2$$

$$\Delta E_K = 0.3 \cdot M \cdot R^2 \cdot \omega^2$$

פיתרון מספר 17 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. הקבל - ברבע מן המחזור נטען הקבל ונצברת בו אנרגיה: $E_C = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}$

ברבע הבא של המחזור מתפרק הקבל והאנרגיה שנצברה בו משתחררת.
בממוצע על מחזור אחד אין כלל צריכת אנרגיה של הקבל מן המקור.
הנגד - בנגד יש צריכת אנרגיה תמידית מן המקור. בממוצע על מחזור אחד צריכת האנרגיה היא: $E_R = P \cdot T = I_{eff}^2 \cdot R \cdot T$

ב. (1) העכבה של המעגל היא:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{150^2 + \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot 50^2 \cdot (60 \cdot 10^{-6})^2}} = 159.1\Omega$$

הזרם במעגל הוא: $I_{eff} = \frac{U_{eff}}{Z} = \frac{230}{159.1} = 1.45\,A$

ההספק הוא: $P = I_{eff}^2 \cdot R = 1.45^2 \cdot 150 = 313.46\,W$

(2) $P = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\varphi)$

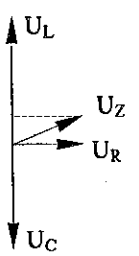
$$\cos(\varphi) = \frac{P}{U_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{313.46}{230 \cdot 1.45} = 0.943$$

ג. (1) ההספק במעגל מירבי במצב של תהודה.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}} \implies L = \frac{1}{C \cdot \omega^2} = \frac{1}{60 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot \pi^2 \cdot 50^2} = 0.169\,H$$

(2) גורם ההספק במצב של תהודה שווה תמיד ל-1.

ד. כן. המתח האפקטיבי של הקבל יכול להיות גבוה מן המתח האפקטיבי של מקור המתח, מכיוון שבמעגל RLC יש בנוסף לקבל גם סליל שהפרש המופע של 180^0 (π) בין המתח עליו לבין המתח על הקבל גורם לכך שהמתח השקול של שניהם יהיה תמיד קטן מהמתח על כל אחד מהם. המתח הכללי של המעגל תלוי גם במתח על הנגד, אבל הוא ללא ספק יכול להיות קטן מהמתח על כל אחד משני הרכיבים קבל וסליל.
המתח לא יכול להיות קטן מהמתח על הנגד.



פיתרון מספר 18 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. (1) 1 - המתח על הקבל - V_C
2 - המתח על הנגד - V_R
3 - המתח על הסליל - V_L
4 - המתח על השקול של הסליל והקבל - $V_L - V_C$
5 - המתח השקול של המעגל.

(2) הזווית α היא זווית המופע של המעגל והיא מתארת את הפרש המופע בין המתח הכללי והזרם הכללי במעגל.

ב. (1) הפרש המופע בין הזרם במעגל (שהוא הזרם בקבל) והמתח בקבל הוא תמיד 90^0 $(\pi/2)$ כאשר הזרם מקדים את המתח.

(2) הפרש המופע בין הזרם במעגל (שהוא הזרם בסליל) והמתח בסליל הוא תמיד 90^0 $(\pi/2)$ כאשר המתח מקדים את הזרם.

ג. ככל שהתדירות הולכת וגדלה ההיגב של הסליל הולך וגדל ואילו ההיגב של הקבל הולך וקטן, כך שהזווית תלך ותגדל.

ד. נחשב את המתח על הנגד:

$$U_Z = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

$$U_R = \sqrt{U_Z^2 - (U_L - U_C)^2} = \sqrt{250^2 - (400 - 250)^2} = 200\,\Omega$$

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{200}{125} = 1.6\,A$$

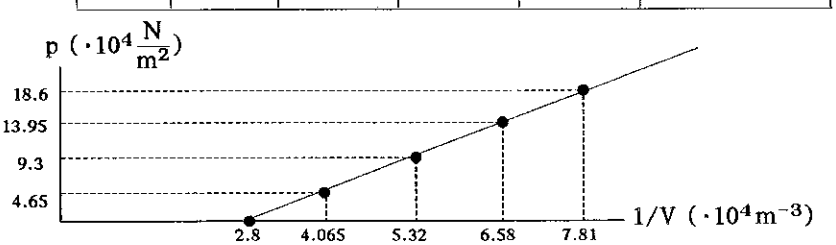
פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. נוסיף עוד שורה לטבלה ובה הלחץ המופעל על הגז ע"י המשקולות, על פי הנוסחה:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{F}{4.3 \cdot 10^{-4}}$$

ושורה של 1/V.

0	20	40	60	80	F(N)
0	4.65	9.3	13.95	18.6	$p(\cdot 10^4 \frac{N}{m^2})$
35.7	24.6	18.8	15.2	12.8	$V(\cdot 10^{-6} m^3)$
2.8	4.065	5.32	6.58	7.81	$1/V(\cdot 10^4 m^{-3})$



ב. הלחץ שמופעל על הגז (P) שווה לסכום הלחצים של המשקולות (p) והלחץ האטמוספרי (P_0).

$$P = P_0 + p$$

ג. הלחץ בתוך הגז מקיים את חוק בויל (בגלל שטמפרטורת הגז קבועה):

$$P_0 \cdot V_0 = P \cdot V$$

נציב את P בביטוי ללחצים, ונקבל:

$$\frac{P_0 \cdot V_0}{V} = P_0 + p$$

$$p = P_0 \cdot V_0 \cdot \frac{1}{V} - P_0$$

מכיוון שהנפח בלחץ אטמוספרי ידוע: $V_0 = 35.7 \cdot 10^{-6} m^3$

ניתן משיפוע הגרף, השווה ל-$P_0 \cdot V_0$ למצוא את הלחץ ההדרוסטטי:

$$m = \frac{\Delta p}{\Delta(1/V)} = \frac{(18.6 - 0) \cdot 10^4}{(7.81 - 2.8) \cdot 10^4} = 3.7126 N \cdot m$$

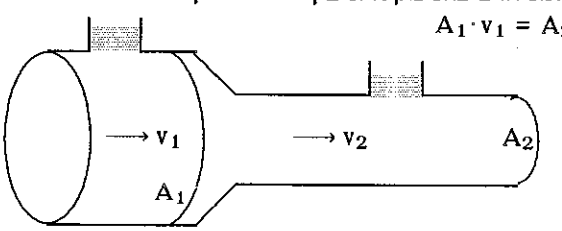
$$m = P_0 \cdot V_0 \implies P_0 = \frac{m}{V_0} = \frac{3.7126}{35.7 \cdot 10^{-6}} = 1.04 \cdot 10^5 \frac{N}{m^2}$$

ד. $$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \implies n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1.04 \cdot 10^5 \cdot 35.7 \cdot 10^{-6}}{8.31 \cdot 300} = 1.49 \cdot 10^{-3} mol$$

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. צינור וונטורי הוא צינור בעל שני שטחי חתך שונים ידועים A_1 ו-A_2.
משוואת הרציפות מקשרת בין שטח החתך של הצינור ומהירות הזרימה:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$



ככל ששטח חתך צר יותר מהירות הזרימה בו גדולה יותר.
לפי חוק ברנולי ככל שמהירות הנוזל גדולה יותר אז הלחץ קטן יותר:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2$$

אם דואגים שהגבהים y_1 ו- y_2 זהים ויחס שטחי החתך ולכן גם יחס המהירויות ידוע, הרי ממדידת שני הלחצים ניתן למצוא את המהירות.

ב. משוואת הספיקה היא: $Q = v \cdot A$

הנתונים לגבי החלק העבה של הצינור הם:

$$Q = 4 \frac{L}{sec} = 4 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{sec} \; ; \; A = 60 cm^2 = 6 \cdot 10^{-3} m^2$$

$$v_A = \frac{Q}{A} = \frac{4\cdot 10^{-3}}{6\cdot 10^{-3}} = 0.67\,\frac{m}{sec}$$

נשתמש במשוואת הרציפות: $A\cdot v_A = B\cdot v_B$

$$v_B = v_A\cdot\frac{A}{B} = 0.67\cdot\frac{6\cdot 10^{-3}}{1.5\cdot 10^{-3}} = 2.67\,\frac{m}{sec}$$

ג. חוק ברנולי לאחר הורדת הגבהים הזהים וצמצום g:

$$\frac{P_A - P_B}{\rho} = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2}$$

צפיפות המים ביחידות M.K.S. היא: $\rho = 1\frac{10^{-3}kg}{10^{-6}m^3} = 10^3\frac{kg}{m^3}$

$$P_A - P_B = \rho\cdot\frac{v_B^2 - v_A^2}{2} = 10^3\cdot\frac{2.67^2 - 0.67^2}{2} = 3.33\cdot 10^3\frac{N}{m^2}$$

ד. הפרש הלחצים $P_A - P_B$ שווה ללחץ ההדרוסטטי הנוצר בעמוד הכספית:

$$P_A = P_H + P_B \implies P_H = P_A - P_B$$

מכיוון שהלחץ ההדרוסטטי שווה למכפלת המשקל הסגולי של הנוזל בגובה עמוד הנוזל, נקבל:

$$P_H = \rho_{Hg}\cdot g\cdot h = P_A - P_B$$

$$h = \frac{P_A - P_B}{\rho_{Hg}\cdot g} = \frac{3.33\cdot 10^3}{13.6\cdot 10^3\cdot 9.8} = 0.025\,m = 2.5\,cm$$

מעבדת חקר - תנועת גוף הנגרר על ידי קפיץ

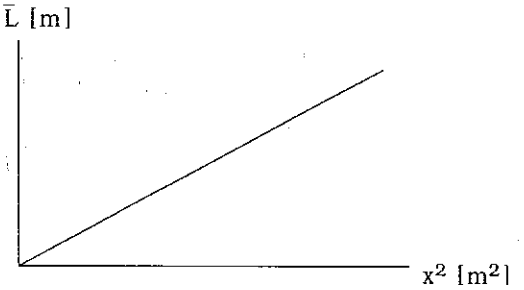
חלק ראשון - ניסוי מקדים: קבוע הקפיץ:

אין חשיבות לנקודה ממנה מודדים את התארכות הקפיץ, כל זמן שהמדידה נעשית באופן עיקבי לגבי שתי המדידות. קבוע הקפיץ הוא היחס בין תוספת המשקל של המשקולות ובין תוספת ההתארכות של הקפיץ:

$$k = \frac{\Delta mg}{\Delta d} = \frac{m\cdot n_2\cdot g - m\cdot n_1\cdot g}{d_2 - d_1} = m\cdot\frac{n_2 - n_1}{d_2 - d_1}\cdot g$$

חלק רביעי - ניתוח תוצאות, מסקנות ושאלות.

הגרף המתקבל, באופן איכותי, הוא גרף לינארי מראשית הצירים.



ג. הכן טבלה שבה שתי עמודות: עמודה עבור הזמן t(s) ועמודה עבור גודל המהירות $v\left(\frac{m}{s}\right)$. רשום בטבלה את המהירות שחישבת עבור $t = 0.02\ s$.

חשב את גודלי מהירות הגוף ביחידה של $\frac{m}{s}$ ברגעים:

$$t = 0.08\ s \quad , \quad t = 0.14\ s \quad , \quad t = 0.20\ s$$

ורשום אותם במקומות המתאימים בטבלה שהכנת. אינך נדרש לפרט את חישוביך בסעיף זה. (3 נקודות)

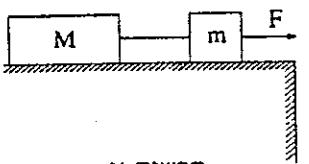
ד. סרטט גרף המתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן. (6 נקודות)

ה. האם תאוצת הגוף קבועה? אם לא – הסבר מדוע. אם כן – חשב את גודלה. (5 נקודות)

ו. אילו התלמיד היה מגדיר את ציר המקום x בכיוון מנוגד לתנועת הגוף, האם סימן התאוצה (+ או –) היה שונה? הסבר. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

2.

על משטח אופקי מונחים שני גופים שמסותיהם m ו־M, $M > m$.



תרשים א

הגופים קשורים זה לזה באמצעות חוט שמסתו זניחה.

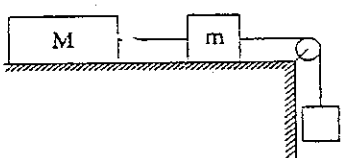
מפעילים על הגוף שמסתו m כוח אופקי ימינה (ראה תרשים א), והמערכת נעה בתאוצה.

בסעיפים ב־ג בלבד הנח שהחיכוך בין הגופים לבין המשטח ניתן להזנחה.

א. קבע והסבר באופן איכותי (במילים) על מי משני הגופים פועל כוח שקול גדול יותר. (8 נקודות)

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את תאוצת הגופים ואת מתיחות החוט המקשר ביניהם. (20 נקודות)

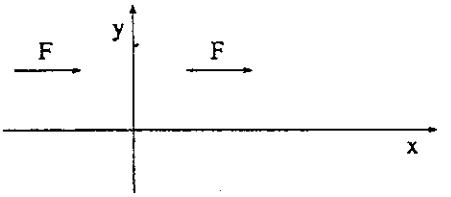
ג. קושרים לגוף שמסתו m, באמצעות חוט שמסתו זניחה, גוף שמשקלו שווה לכוח F שבתרשים א. התאוצה במצב זה (תרשים ב) שונה בגודלה מן התאוצה במצב הקודם (תרשים א). האם גודל התאוצה במצב זה קטן מגודל התאוצה במצב הקודם או גדול ממנו? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים ב

.3

בתרשים מתואר מישור בעל התכונה הבאה: בכל הנקודות במישור, שבהן יימצא גוף, יפעל על הגוף כוח יחיד $\vec{F}$ שכיוונו בכיוון החיובי של ציר ה־ x וגודלו קבוע. (שים לב שמדובר בכוח יחיד, וכוחות אחרים כגון כוח הכובד אינם פועלים על הגוף.)



מציבים גוף בראשית הצירים, ומעניקים לו ברגע $t = 0$ מהירות התחלתית בכיוון השלילי של ציר ה־ x .

א. מהי צורת מסלול תנועתו של הגוף (קו ישר, פרבולה, היפרבולה וכו')?
תאר את המסלול במילים ו/או על־ידי סרטוט. (5 נקודות)

ב. מהו כיוון (וקטור) התאוצה במהלך התנועה? נמק.
התייחס בתשובתך לקטעי תנועה שונים, אם לדעתך יש צורך בכך. (5 נקודות)

ג. האם גודל המהירות גדֵל, קטֵן או אינו משתנה כפונקציה של הזמן? נמק.
התייחס בתשובתך לקטעי תנועה שונים, אם לדעתך יש צורך בכך. (5 נקודות)

מציבים גוף שני בראשית הצירים, ומעניקים לו ברגע $t = 0$ מהירות התחלתית בכיוון החיובי של ציר ה־ y .

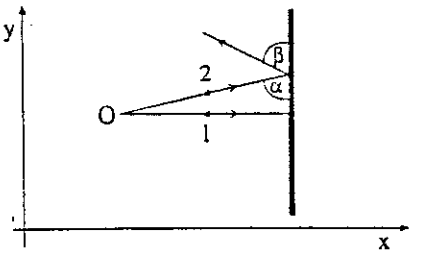
ד. ענה על סעיף א לגבי הגוף השני. (4 נקודות)

ה. ענה על סעיף ג לגבי הגוף השני. (4 נקודות)

ו. גודלה של המהירות ההתחלתית (שכאמור מכוונת בכיוון ציר ה־ y) הוא 24 m/s , גודל הכוח $\vec{F}$ הוא 1.6 N ומסת הגוף היא 0.2 kg .
חשב את מקום הגוף ברגע $t = 4$ s . ($10\frac{1}{3}$ נקודות)

.4

בתרשים מתואר קיר במבט מלמעלה. הקיר מקביל לציר y . מהנקודה O , הנמצאת על הרצפה, משגרים שני חלקיקים הנעים על הרצפה ללא חיכוך. חלקיק 1 פוגע בקיר בניצב לו, וחלקיק 2 פוגע בקיר בזווית α (ראה תרשים). מסתו של כל חלקיק היא m וגודל מהירותו v . התנגשותו של כל אחד משני החלקיקים בקיר היא אלסטית, בלא חיכוך עם הקיר. (כיוון הכוח שהקיר מפעיל על החלקיקים מאונך לקיר.) מסת הקיר גדולה מאוד, והוא אינו זז כתוצאה מההתנגשויות.



א. בטא את המהירות (גודל וכיוון) של חלקיק 1 לאחר התנגשותו בקיר. נמק.
(8 נקודות)

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את השינוי בתנע של חלקיק 1 כתוצאה מהתנגשותו בקיר. (8 נקודות)

לאחר הפגיעה נע חלקיק 2 במסלול שיוצר זווית β עם הקיר.

ג. בטא את גודל המהירות של חלקיק 2 לאחר התנגשותו בקיר. נמק. (2 נקודות)

ד. הוכח כי הזווית α שווה לזווית β . (9 נקודות)

ה. בטא באמצעות נתוני השאלה את המתקף שהפעיל הקיר על חלקיק 2 . ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

.5

השתמש בנתונים שבסוף השאלה לביצוע החישובים, וענה על הסעיפים הבאים.

א. (1) בטא את מסתו של כוכב לכת באמצעות רדיוסו ובאמצעות תאוצת הנפילה החופשית על פניו. (10 נקודות)

(2) על־פי הביטוי שמצאת בסעיף א (1), חשב את מסת כדור הארץ. (3 נקודות)

ב. (1) בטא את מסתו של כוכב לכת באמצעות זמן המחזור של לוויין הנע סביבו ורדיוס מסלולו של הלוויין. (10 נקודות)

(2) על־פי הביטוי שמצאת בסעיף ב (1), חשב את מסת כדור הארץ. (5 נקודות)

ג. בדף הנוסחות המצורף לשאלון מופיע הקשר הבא לגבי האנרגיה הקינטית של לוויין הנע במסלול מעגלי סביב כוכב:

$$E_k = \frac{GMm}{2r}$$

הוכח קשר זה. אינך רשאי להשתמש בביטוי לאנרגיה הכוללת (של לוויין) ובביטוי לאנרגיה הפוטנציאלית הכובדית המופיעים בדף הנוסחות. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

נתונים:

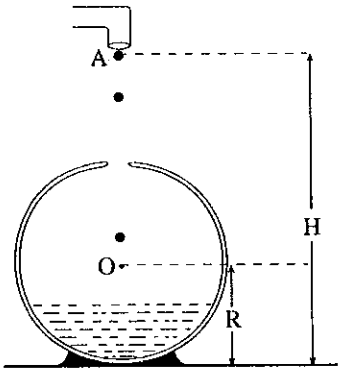
רדיוס כדור הארץ הוא $R_E = 6.4\cdot10^6\ m$; המרחק בין מרכז כדור הארץ לבין מרכז הירח גדול פי שישים בקירוב מרדיוס כדור הארץ; משך ההקפה של הירח סביב כדור הארץ הוא 27.3 יממות; תאוצת הנפילה החופשית על פני כדור הארץ היא $9.8\ m/s^2$.

קבוע הכבידה העולמי הוא $6.67\cdot10^{-11}\ N\cdot m^2\cdot kg^{-2}$.

חלק ב' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 - 6.

.6



בתרשים מתוארת קליפה כדורית מוליכה ומבודדת שבה פתח קטן. טיפות בעלות מטען חשמלי חיובי ניתקות מצינורית, נופלות לתוך הקליפה, וכל מטענן עובר לקליפה. רדיוס הקליפה הוא R , ופתח הצינורית נמצא בגובה H מעל תחתית הקליפה.

א. לגבי הרגע שבו מטען הקליפה הוא Q , בטא עבור כל אחת מהנקודות A ו־ O (ראה תרשים) את:

(1) השדה החשמלי (גודל וכיוון) הנוצר על־ידי הקליפה הטעונה (בלבד). (7 נקודות)

(2) הפוטנציאל החשמלי הנוצר על־ידי הקליפה הטעונה (בלבד).

הפוטנציאל באינסוף נבחר כ־ 0. (7 נקודות)

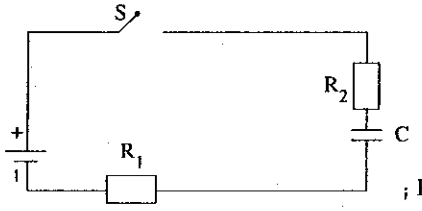
כל טיפה היא בעלת מסה m ומטען q , ועל הטיפות פועלים רק כוח הכובד והכוח האלקטרוסטטי. הזנח את הכוחות האלקטרוסטטיים שבין הטיפות.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את המטען Q של הקליפה, שעבורו טיפה בנקודה A תהיה בשיווי־משקל. (12 נקודות)

ג. בטא באמצעות נתוני השאלה את העבודה שנעשתה נגד הכוחות החשמליים בטעינת הקליפה הכדורית למטען Q שבסעיף ב. (4 נקודות)

ד. מהו מקור האנרגיה לעבודה שבסעיף ג? ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

.7



בתרשים מתואר מעגל חשמלי של טעינת קבל.

המעגל החשמלי כולל: מפסק S ;

מקור כא"מ $\varepsilon = 4.0\ V$, שהתנגדותו הפנימית

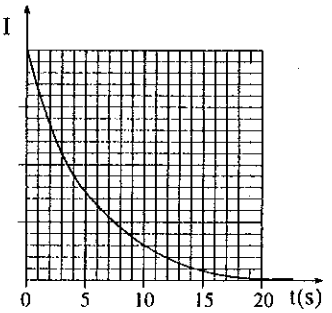
ניתנת להזנחה; נגדים $R_1 = 500\ \Omega$, $R_2 = 500\ \Omega$;

וקבל C . ברגע $t = 0$ סגרו את המפסק S .

א. מהו הזרם במעגל החשמלי ברגע $t = 0$? (5 נקודות)

ב. בגרף שלפניך מתואר הזרם כפונקציה של הזמן. מצא את קבוע הזמן τ . (8 נקודות)

ג. מצא את קיבול הקבל C . (5 נקודות)



ד. חשב את מטען הקבל לאחר שהוא נטען לחלוטין. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

ה. המטען שחישבת בסעיף ד שווה למטען שעבר במקור הכא"מ. הסבר מדוע. (4 נקודות)

ו. כמה אנרגיה סיפק המקור בתהליך הטעינה? (4 נקודות)

.8

תלמיד צריך להפעיל נורת להט של 110 V 75 W , בהתאם לרשום עליה, בעזרת מקור מתח של 220 V שהתנגדותו הפנימית זניחה.

א. כדי להפעיל את הנורה בהתאם לרשום עליה, חיבר התלמיד לנורה נגד בטור. חשב את התנגדות הנגד. (7 נקודות)

ב. התלמיד רוצה להשתמש בנורות של 110 V 25 W במקום הנגד, כדי להפעיל את הנורה בהתאם לרשום עליה. כמה נורות יש לחבר וכיצד? סרטט את המעגל ונמק. (15 נקודות)

ג. במעגל שסרטטת בסעיף ב נשרפה נורה אחת של 25 W . בהנחה שאף נורה נוספת לא נשרפה, כיצד ישפיע הדבר על עוצמת האור של הנורה בת 75 W ושל הנורות בנות 25 W שנותרו? נמק ($11\frac{1}{3}$ נקודות)

.9

לשדה מגנטי אחיד B , שכיוונו "לתוך הדף", נכנס חלקיק במהירות שגודלה v וכיוונה ניצב לכיוון השדה. לחלקיק יש מסה m ומטען חשמלי חיובי q . (הנח שעל החלקיק פועל רק הכוח המגנטי.)

א. (1) סרטט את המסלול של החלקיק. סמן בסרטוט את מגמת תנועתו. (4 נקודות)

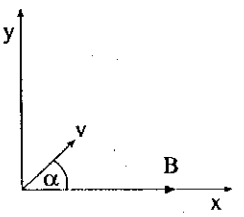
(2) בטא באמצעות נתוני השאלה את רדיוס המסלול R ואת זמן המחזור T .

(8 נקודות)

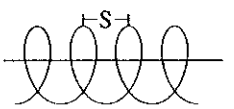
ב. אותו חלקיק נכנס לאותו שדה B במהירות שגודלה v , אך הפעם כיוונה מקביל לכיוון השדה.

מהי צורת המסלול של החלקיק במקרה זה? האם מהירות החלקיק משתנה לאורך המסלול? נמק. (8 נקודות)

ג. אותו חלקיק בעל מסה m ומטען q נכנס לאותו שדה B במהירות שגודלה v , אך הפעם כיוון המהירות יוצר זווית α עם כיוון השדה (ראה תרשים א). וקטור המהירות נמצא (ברגע הכניסה) במישור yx . הכיוון של השדה המגנטי הוא בכיוון ציר ה־ x .



תרשים א



תרשים ב

(1) הסבר מדוע החלקיק מבצע תנועה לאורך מסלול בורגי (ראה תרשים ב). (5 נקודות)

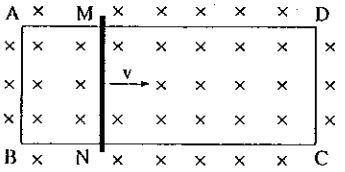
(2) חשב את פסיעת המסלול הבורגי S (המרחק שהתקדם החלקיק לאורך השדה המגנטי בהשלימו סיבוב אחד), אם נתון:

$\alpha = 53^{o}$, $v = 6.25\cdot10^{4}$ m/s , $B = 2.25$ T

$q = 1.6\cdot10^{-19}$ C , $m = 11.7\cdot10^{-27}$ kg

($8\frac{1}{3}$ נקודות)

.10



מסגרת מלבנית ABCD מתיל מוליך נמצאת בשדה מגנטי אחיד B , המאונך למישור המסגרת וכיוונו "לתוך הדף". על פני המסגרת נע בלא חיכוך מוט מוליך במהירות קבועה v , שכיוונה מאונך לשדה המגנטי ולמוט (ראה תרשים).

הרוחב AB של המסגרת הוא ℓ . ההתנגדות החשמלית של קטע המוט MN היא R (M ו־N הן נקודות המגע של המוט עם המסגרת). הנח שהתנגדות תיילי המסגרת זניחה ביחס ל־ R .

א. (1) ציין את כיווני הזרמים העוברים דרך AB , דרך DC ודרך המוט MN .
(4 נקודות)

(2) בטא, בעזרת נתוני הבעיה, את עוצמת הזרם העובר דרך המוט MN .
(5 נקודות)

ב. (1) הסבר מדוע דרוש כוח חיצוני כדי לקיים את התנועה הקצובה. (5 נקודות)

(2) ציין מהו כיוון הכוח, ובטא את גודלו באמצעות נתוני השאלה. (5 נקודות)

(3) האם הכוח הוא קבוע? נמק. (5 נקודות)

(הזנח את הכוחות המגנטיים שהזרמים בתיילים מפעילים על המוט הנע.)

ג. הנח עכשיו שלמסגרת יש התנגדות. אם ההתנגדות החשמלית ליחידת אורך של צלעות המסגרת ושל המוט MN היא λ , חשב את הזרם העובר דרך קטע המוט MN ברגע שבו: $AM = BN = \ell$; $MD = NC = 2\ell$.

נתון: $v = 2.0\ m/s$; $\lambda = 1.0\ \Omega/m$; $B = 0.023\ T$; $\ell = 0.4\ m$

($9\frac{1}{3}$ נקודות)

חלק ג' - פרקי בחירה

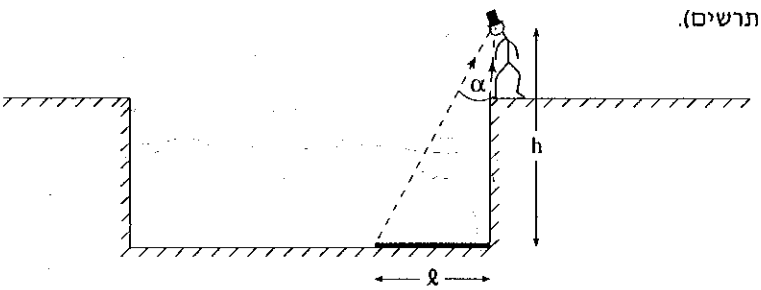
עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

.11

על שפת בְּרֵכה ריקה ניצב אדם שגובה עיניו מעל קרקעית הבְּרֵכה $h = 3.90\ m$.

על קרקעית הבְּרֵכה ממש מתחתיו הוא רואה סרגל באורך $\ell = 60\ cm$ בזווית ראייה α (ראה תרשים).



ממלאים את הבְּרֵכה במים עד גובה y מעל הקרקעית, כשהסרגל נשאר במקומו.

א. (1) העתק את התרשים למחברתך, הוסף בו את פני המים, וסרטט קרן אור היוצאת מקצהו הרחוק (השמאלי) של הסרגל ומגיעה לעינו של האדם. (12 נקודות)

(2) האם הסרגל נראה לאדם קטן יותר ממה שהוא נראה לו כאשר הבְּרֵכה היתה ריקה, גדול יותר או שהוא נראה ללא שינויז הסבר על סמך סעיף א (1). (12 נקודות)

ב. האדם רואה את הסרגל בזווית ראייה של 9.5^{o} (כאשר בברכה יש מים בגובה y).

(1) מצא את זווית הפגיעה בפני המים של הקרן שמתוארת בסעיף א (1) ואת זווית השבירה שלה. נתון כי מקדם השבירה של המים הוא 1.33 . (8 נקודות)

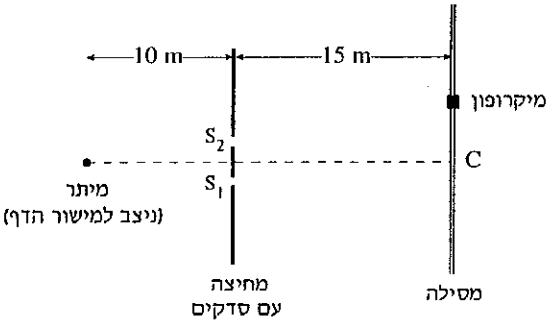
(2) חשב את הגובה y של המים בבְּרֵכה. (8 נקודות)

מוסיפים לבְּרֵכה מים עד גובה 2 m מעל הקרקעית.

ג. במצב זה חשב כמה זמן נע האור היוצא מקצהו הקרוב (הימני) של הסרגל עד שהוא מגיע אל עינו של האדם. (10 נקודות)

.12

תלמיד בנה את המערכת, המתוארת בתרשים, לצורך מדידת מהירות הקול באוויר. המערכת כוללת מיתר כינור המתנודד בתדירות 4400 Hz . במרחק 10 m מן המיתר עומדת מחיצה ובה שני סדקים צרים S_1 ו־ S_2 שהמרחק ביניהם הוא 1 m . מסילה שעליה מותקן מיקרופון קטן ורגיש עומדת במקביל למחיצה במרחק 15 m ממנה. המיקרופון יכול לנוע לאורך המסילה, ונמצא בתחילה בנקודת האמצע C .



א. התלמיד מסיע את המיקרופון לאורך המסילה, ומגלה את שתי הנקודות הראשונות R ו־ L , משני עברי הנקודה C , שבהן עוצמת הקול מקסימלית. המרחק בין R ל־ L הוא 2.25 m .

(1) סרטט גרף מקורב שיתאר את עוצמת הקול, הנקלט על־ידי המיקרופון, כפונקציה של מרחק המיקרופון מן הנקודה C . סרטט בתחום מרחקים של 2.25 m מכל צד של C . סמן על הגרף את הנקודות R , C ו־ L . (10 נקודות)

(2) חשב, בעזרת נתוני השאלה בלבד, את אורך הגל של גלי הקול. (10 נקודות)

ב. חשב, בעזרת נתוני השאלה בלבד, את מהירות הקול באוויר. (10 נקודות)

ג. בְּמָקום שני הסדקים הצרים, פותח התלמיד מול המיתר סדק אחד ברוחב 1 m .
האם עוצמת הקול בנקודות R , C ו־ L נשארת מקסימלית? <u>הסבר</u>. (12 נקודות)

ד. התלמיד מתבונן במיתר המתנודד (כאמור, בתדירות 4400 Hz), ומגלה כי נוצר בו גל עומד בעל 9 נקודות צומת (חוץ משני הקצוות הקשורים). חשב את מהירות התפשטות הגלים במיתר, אם אורכו 30 cm . (8 נקודות)

פרק שני - פיסיקה מודרנית

13.

א. (1) לקרינת X הנפלטת משפופרת יש אורך גל מינימלי. הסבר מדוע תופעה זו מעידה על האופי החלקיקי של קרינת X. (4 נקודות)

(2) ציין תופעה אחת שבה בא לידי ביטוי האופי הגלי של קרינת X. (5 נקודות)

ב. נתון מקור קרינת X, הפולט אלומת פוטונים בעלי אנרגיה של 30 keV ($3\cdot10^4$ eV).
חשב את אורך הגל של הקרינה. (12 נקודות)

ג. הספק האלומה של קרינת ה- X שבסעיף ב הוא $5\cdot10^{-3}$ W.
חשב את מספר הפוטונים הנפלטים מן המקור בכל שנייה. (9 נקודות)

אלומת אלקטרונים פוגעת בעלה גבישי ויוצרת תבנית התאבכות.

ד. ציין תכונה <u>אחת</u> של האלקטרונים המאפשרת תבנית התאבכות, וציין תכונה <u>אחת</u> של הגביש המאפשרת תבנית כזו. (7 נקודות)

ה. חשב את האנרגיה הקינטית של האלקטרונים באלומה, אם ידוע שאורך הגל שלהם שווה לאורך הגל של קרינת ה- X שחישבת בסעיף ב. (13 נקודות)

14.

בין קווי ספקטרום הפליטה של היסוד ליתיום נמצאו שלושה קווים בעלי אורכי הגל הבאים:

$\lambda_1 = 6708$ Å $\qquad \lambda_2 = 3233$ Å $\qquad \lambda_3 = 2741$ Å

א. (1) עבור כל אחד מן הקווים חשב את האנרגיה, ב- eV, של הפוטון המתאים לו. (8 נקודות)

(2) כל אחד משלושת הקווים שנמצאו מתקבל ממעבר מרמה מעוררת אל רמת היסוד. על סמך קווים אלה סרטט דיאגרמה של רמות האנרגיה של האטום. ליד כל רמה ציין את האנרגיה שלה ב- eV. סמן בדיאגרמה את החִצים המייצגים את המעברים המוזכרים. בחר את רמת היסוד כ- $E = 0$. (5 נקודות)

ב. מצא את אורכי הגל של קווים נוספים, שעשויים להימצא בספקטרום ומתקבלים ממעברים בין הרמות שסרטטת בסעיף א (2). (הנח שכל המעברים האלה מותרים.) (11 נקודות)

ג. אנרגיית היינון של אטום ליתיום היא 5.39 eV.
חשב את אורך הגל המקסימלי של פוטונים שיכולים לגרום ליינון אטום ליתיום. (10 נקודות)

ד. כלי מכיל גז של אטומי מימן הנמצאים ברמת היסוד. ארבע רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן מתוארות בתרשים.

אנרגיה (eV)	רמה
12.75	n = 4
12.1	n = 3
10.2	n = 2
0	n = 1

(1) אלומת אלקטרונים בעלי אנרגיה קינטית של 11 eV עוברת דרך הגז.

מהו ערך (או מה הם ערכי) האנרגיה של האלקטרונים היוצאים מן המיכל?

(8 נקודות)

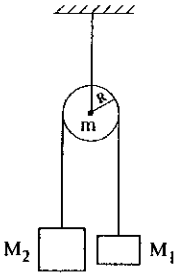
(2) אלומת פוטונים בעלי אנרגיה של 11 eV עוברת דרך הגז.

מהו ערך (או מה הם ערכי) האנרגיה של הפוטונים היוצאים מן המיכל? (8 נקודות)

פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

.15

בתרשים שלפניך מתוארות שתי משקולות, שמסותיהן M_1 ו־ M_2 $(M_2 > M_1)$. המשקולות קשורות לחוט המלופף סביב גלגלת, שמסתה m ורדיוסה R. המערכת נעה בתאוצה, כך שהגלגלת מסתובבת והחוט נע עמה ללא החלקה. הנח כי הגלגלת היא גליל מלא, החוט חסר מסה והחיכוך בין הגלגלת לציר זניח.



א. בטא, באמצעות M_1 , M_2 ו־ m , את תאוצת המערכת. (20 נקודות)

נתון שהמערכת החלה לנוע ממנוחה, וכן נתון:

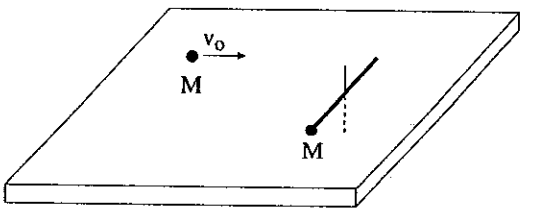
$R = 0.03\ m$, $M_2 = 1\ kg$, $M_1 = 0.9\ kg$, $m = 0.2\ kg$.

ב. חשב את המהירות הזוויתית של הגלגלת 3 שניות לאחר תחילת התנועה. (10 נקודות)

ג. חשב, על סמך שיקולי אנרגיה בלבד, את המהירות הזוויתית של הגלגלת לאחר שהמשקולת M_2 ירדה 2.25 m מתחת לגובהה ההתחלתי. (20 נקודות)

.16

לאחד מקצותיו של מוט אחיד, שאורכו $\ell = 40\ cm$ ומסתו $m = 60\ gr$, מחובר כדור קטן שמסתו $M = 80\ gr$. המוט מונח על שולחן אופקי חלק ומחובר אליו בציר אנכי דק העובר באמצע המוט ומאפשר לו סיבוב בלי חיכוך (ראה תרשים א).



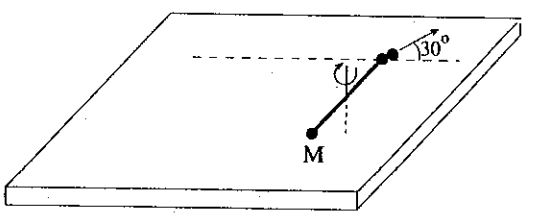
תרשים א

כדור נוסף, זהה לראשון, מחליק (ללא גלגול) במהירות $v_o = 0.5\ \frac{m}{s}$ במאונך למוט, פוגע בקצהו ונצמד אליו. כתוצאה מכך מתחיל המוט עם שני הכדורים להסתובב סביב הציר בתדירות f .

א. חשב את התנע הזוויתי של המערכת (המוט והכדורים) ביחס לציר לפני פגיעת הכדור במוט. (15 נקודות)

ב. חשב את תדירות הסיבוב f של המוט לאחר שהכדור נצמד אליו. (20 נקודות)

ג. לאחר זמן מה מגיע כדור נוסף, זהה לקודם, ונע באותה מהירות ולאורך אותו מסלול. הוא פוגע בכדור שבקצה המוט (המסתובב) במאונך למוט, וניתז ממנו במהירות של $v = 0.3\ \frac{m}{s}$ ובזווית של 30° עם כיוון תנועתו המקורי (ראה תרשים ב).



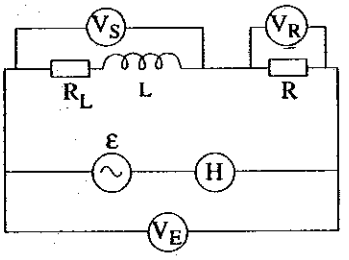
תרשים ב

חשב את תדירות הסיבוב של המוט לאחר פגיעת הכדור. (15 נקודות)

פרק רביעי – זרם חילופין

הערה: המתחים והזרמים נתונים בערכים אפקטיביים.

.17



למקור מתח חילופין ε , שתדירותו הזוויתית ω , מחוברים בטור נגד אומי R ומשרן לא אידיאלי L , שהתנגדותו האומית R_L והשראותו L . למקור מחוברים וולטמטר אידיאלי שקריאתו V_E ומד־הספק אידיאלי H (שאינו משפיע על שום גודל במעגל). לנגד ולמשרן מחוברים וולטמטרים אידיאליים שקריאתם V_R ו־ V_S בהתאמה (ראה תרשים).

א. סרטט דיאגרמת וקטורים של קריאות הוולטמטרים שבמעגל. סמן בה את המתחים V_S , V_E ו־ V_R ואת הפרש המופע ϕ בין הזרם במעגל למתח V_E .
(10 נקודות)

ב. למעגל מחברים בטור קבל C עם וולטמטר בין הדקיו. לא חל כל שינוי בקריאות המכשירים V_R , V_S , V_E ו־ H , אף־על־פי שהמתח V_C על הקבל אינו נמוך.

(1) על סמך נוסחת ההספק, הראה כי במעגל החדש הפרש המופע ϕ' בין הזרם במעגל למתח V_E הוא $\phi' = -\phi$. (5 נקודות)

(2) סרטט דיאגרמת וקטורים של קריאות ארבעת הוולטמטרים שבמעגל זה.
סמן בדיאגרמה שסרטטת את המתחים V_E , V_S , V_R ו־ V_C ואת הפרש המופע ϕ' בין הזרם במעגל למתח V_E . (15 נקודות)

ג. ניתן לשנות את הקיבול של הקבל C . משנים אותו עד שמד־ההספק מורה על קריאה מקסימלית. מצא את היחס בין קיבולו של הקבל במצב זה לבין קיבולו בסעיף ב.
(20 נקודות)

.18

למקור מתח חילופין בעל מתח אפקטיבי קבוע ε , שתדירותו ניתנת לשינוי והתנגדותו הפנימית זניחה, מחברים בטור נגד R , משרן אידיאלי L וקבל C .

נתון: $\varepsilon = 4\,V$, $R = 2000\,\Omega$

א. חשב את הספק המקור כאשר תדירותו שווה לתדירות התהודה. (9 נקודות)

ב. משנים את תדירות המקור עד שהספקו יורד לחצי מההספק שלו בתהודה.

(1) חשב במצב זה את המתח על הנגד. (14 נקודות)

(2) קיימות שתי תדירויות זוויתיות, ω_1 ו־ ω_2 , שבהן הספק המקור הוא חצי מהספק שלו בתהודה. הראה כי תדירויות אלה מקיימות:

$$\omega_1 L - \frac{1}{\omega_1 C} = R$$

$$\omega_2 L - \frac{1}{\omega_2 C} = -R$$

(16 נקודות)

ג. סרטט גרף מקורב של הספק המקור כפונקציה של תדירותו הזוויתית. סמן בגרף שסרטטת את התדירות הזוויתית בתהודה ω_0 , ואת ω_1 ו־ ω_2 . כמו כן סמן את ההספק המקסימלי ואת מחצית ההספק המקסימלי. (11 נקודות)

פרק חמישי – תורת הנוזלים והגזים

.19

א. קובייית ברזל צפה על פני כספית, כששתיים מפיאותיה אופקיות. חשב איזה חלק מנפח הקובייה שקוע בכספית, אם ידוע כי צפיפות הכספית היא $13.6\ gr/cm^3$ וצפיפות הברזל היא $7.8\ gr/cm^3$. (12 נקודות)

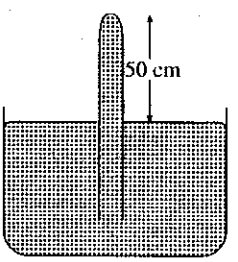
ב. האם תשתנה תשובתך לסעיף א, אם הניסוי יבוצע:

(1) על פני הירח, שתאוצת הנפילה על פניו היא $\frac{1}{6}$ מהתאוצה שעל פני כדור־הארץ?

הסבר. (6 נקודות)

(2) על פני כדור־הארץ, בכלי שלחץ האוויר בתוכו 6 אטמוספירות? הסבר. (6 נקודות)

ג. ממלאים בכספית צינור זכוכית הסגור בקצהו האחד ופתוח בקצהו השני. אורך הצינור 1 m . הופכים את הצינור כך שקצהו התחתון טבול באמבט כספית, מציבים אותו באופן אנכי, ומחזיקים אותו כך שקצהו הסגור נמצא בגובה 50 cm מעל פני הכספית (ראה תרשים א). הלחץ האטמוספירי הוא 760 mm Hg . חשב את לחץ הכספית על חלקו הפנימי של הקצה הסגור של הצינור. (14 נקודות)



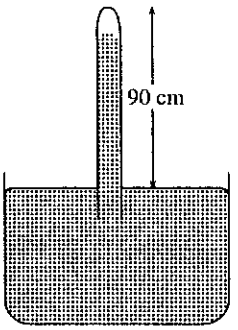
תרשים א

ד. מרימים את הצינור, ומחזיקים אותו כך שקצהו הסגור נמצא בגובה 90 cm מעל פני הכספית (ראה תרשים ב).

לתוך האמבט מכניסים את קוביית הברזל, והיא צפה בתוכו.

(1) האם גובה פני הכספית בצינור ביחס לפני הכספית באמבט ישתנה עם הכנסת הקובייה? הסבר. (6 נקודות)

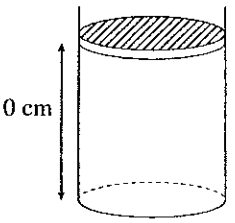
(2) האם גובה פני הכספית בצינור ביחס לקרקעית האמבט ישתנה? הסבר. (6 נקודות)



תרשים ב

.20

מיכל מתכת גלילי, ששטח בסיסו $30\ cm^2$, מכיל 0.08 מול אוויר בטמפרטורה של 30^oC . המיכל סגור בקצהו העליון באמצעות בוכנה ניידת, שמסתה 6 kg וגובהה מעל בסיס המיכל 50 cm (ראה תרשים). הבוכנה נעה בלא חיכוך.



א. חשב את מספר מולקולות האוויר במיכל. (6 נקודות)

ב. חשב את לחץ האוויר הכלוא במיכל. (14 נקודות)

ג. חשב את הלחץ האטמוספירי השורר במקום שבו נמצא המיכל. (10 נקודות)

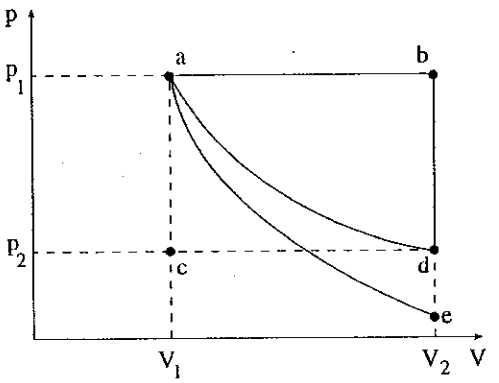
ד. מעבירים את המערכת למקום גבוה יותר, שבו שוררים לחץ אטמוספירי של $90{,}000\ \frac{N}{m^2}$ וטמפרטורה של -10^oC .

חשב מה יהיה גובה הבוכנה מעל קרקעית המיכל. (20 נקודות)

פרק שישי - תרמודינמיקה

.21

לפניך דיאגרמת לחץ-נפח המתייחסת לכמות מסוימת של גז אידיאלי דו־אטומי.



נתון: הטמפרטורה בנקודה a היא 300 K ,

$p_1 = 3\times10^5 \frac{N}{m^2}$, $V_1 = 8\ m^3$,

$V_2 = 24\ m^3$.

העקום ad הוא איזותרמה.

העקום ae הוא אדיאבטה.

א. חשב את הטמפרטורה של הגז בנקודות c ו־ e . (11 נקודות)

ב. חשב את מספר המולים של הגז. (6 נקודות)

ג. חשב את עבודת הגז במסלולים הבאים:

(1) $a \rightarrow b \rightarrow d$ (11 נקודות)

(2) $a \rightarrow e \rightarrow d$ (11 נקודות)

(3) לאורך האיזותרמה: $a \rightarrow d$ (11 נקודות)

.22

בלחץ קבוע של 1 אטמוספירה מחממים 1 kg קרח ב־ 200 K לקיטור ב־ 373 K (טמפרטורת הרתיחה של המים).

נתון: החום הכמוס של היתוך קרח: $\ell_1 = 3.34\times10^5 \frac{J}{kg}$

החום הכמוס של רתיחת מים בלחץ של 1 אטמוספירה: $\ell_2 = 22.6\times10^5 \frac{J}{kg}$

החום הסגולי של קרח: $c_{p_1} = 2.09\times10^3 \frac{J}{kg\cdot K}$

החום הסגולי של מים: $c_{p_2} = 4.08\times10^3 \frac{J}{kg\cdot K}$

חשב את שינוי האנטרופיה בחימום זה. (הנח שהחום הסגולי אינו משתנה עם הטמפרטורה.)

פרט את שינויי האנטרופיה בכל אחד מארבעת השלבים של חימום הקרח לקיטור.

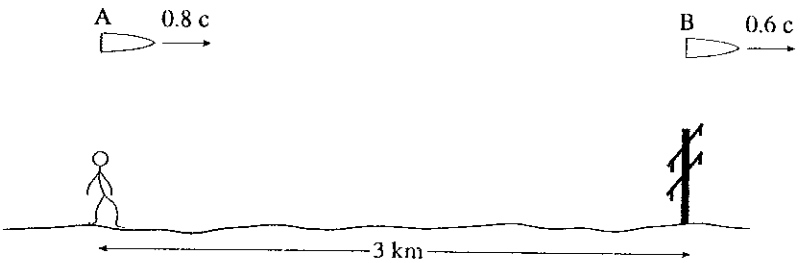
<u>הנחיה:</u> $\int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T}dT = \ln T_2 - \ln T_1$

פרק שביעי - יחסות פרטית

.23

שתי חלליות A ו־ B נעות באותו כיוון, כשמהירויותיהן ביחס לצופה שעל הקרקע הן 0.8 c ו־ 0.6 c בהתאמה.

א. ברגע שהחללית A נמצאת מעל הצופה, הוא רואה את החללית B מעל עמוד חשמל, שמרחקו מן הצופה 3 km (ראה תרשים).



חשב את המרחק בין העמוד לבין הצופה, כפי שנמדד על־ידי טייס החללית A .

(20 נקודות)

ב. חשב כעבור כמה זמן מן הרגע שהחללית A נמצאת מעל הצופה, תשיג החללית A את החללית B , על פי שעונו של:

(1) הצופה. (15 נקודות)

(2) טייס החללית A . (15 נקודות)

.24

א. חשב את המתח הדרוש כדי להאיץ אלקטרון ממנוחה עד מהירות $0.8\,c$. (12 נקודות)

על אלקטרון פועל כוח שקול קבוע המאיץ אותו. (מזניחים קרינה של מטען מואץ.)

ב. מהירותו של האלקטרון גדלה מ־ $100\,\frac{km}{s}$ ל־ $101\,\frac{km}{s}$ במשך זמן Δt_1 ,

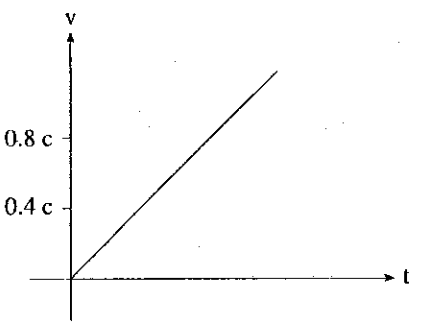
ומ־ $100{,}000\,\frac{km}{s}$ ל־ $100{,}001\,\frac{km}{s}$ במשך זמן Δt_2 .

האם Δt_2 גדול מ־ Δt_1 , קטן ממנו או שווה לו:

(1) לפי המכניקה הקלאסית? נמק. (10 נקודות)

(2) לפי תורת היחסות? נמק. (18 נקודות)

ג. הגרף שלפניך מתאר את מהירותו של האלקטרון המואץ כפונקציה של הזמן לפי המכניקה הקלאסית.

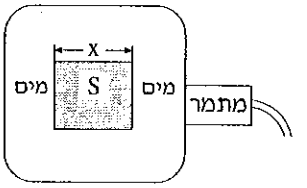


העתק את התרשים למחברתך, וסרטט עליו גרף, שיתאר את האופן שבו גדלה מהירות האלקטרון לפי תורת היחסות. הסבר את הגרף שסרטטת. (10 נקודות)

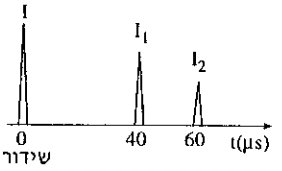
פרק שמיני - אבחון רפואי

.25

האזור המתואר בתרשים א נסרק על־ידי אות על־קולי, שעוצמתו ההתחלתית I ותדירותו 1 MHz . תמונת ההד החד־ממדית מתוארת בתרשים ב.



תרשים א



תרשים ב

לפניך נתונים על התכונות האקוסטיות של תווך S :

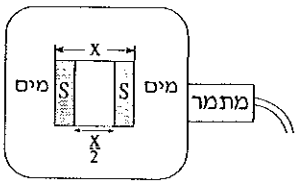
מהירות הקול – $3000\ \frac{m}{s}$, עכבה אופיינית – $4.5\ \frac{kg}{m^2 \cdot s}$, מקדם הנחתה – $0.1\ \frac{1}{cm}$.

א. חשב את העובי x של התווך S (ראה תרשים א). (12 נקודות)

ב. בטא באמצעות I את עוצמתו של ההד I_1 . (13 נקודות)

ג. חשב את היחס $\frac{I_1}{I_2}$ בין עוצמות ההדים. (12 נקודות)

ד. כיצד תשתנה תמונת ההד, אם במרכזו של התווך S יש שכבה של מים בעובי של $\frac{x}{2}$, כמתואר בתרשים ג? סרטט את תמונת ההד המתקבלת,והסבר אותה. (13 נקודות)



תרשים ג

.26

בבדיקת איבר מסוים מחדירים לגוף עוקב המסומן ב־ ^{99}Tc , שפעילותו הכוללת ברגע ההחדרה היא A_o . כעבור 24 שעות מרגע ההחדרה פעילות העוקב בגוף היתה $0.0156\ A_o$.

א. חשב את קבוע הדעיכה השקול של העוקב בגוף. (12 נקודות)

ב. חשב את משך מחצית החיים הביולוגי של העוקב בגוף. (13 נקודות)

ג. חשב את פעילות העוקב בגוף כעבור 3 שעות מרגע ההחדרה. (12 נקודות)

ד. איזה מבין שני סוגי הקרינה הבאים חודר טוב יותר דרך רקמה רכה:

קרינת X המופקת משפופרת רנטגן המופעלת במתח של 100 kV , או קרינת γ הנפלטת מ- ^{99}Tc ? נמק. (13 נקודות)

פרק תשיעי - אסטרופיסיקה

.27

כשבודקים את הספקטרום המתקבל ממערכת של כוכב כפול מסוים, מתברר כי אחד הכוכבים פולט את מקסימום צפיפות ההספק שלו באורך גל $\lambda_1 = 5200\ \text{Å}$, ואילו השני — באורך גל $\lambda_2 = 3700\ \text{Å}$. שטפי הקרינה המגיעים מכל אחד מהם אל כדור הארץ הם:

$$S_1 = 7.3\cdot10^{-11}\ \frac{W}{m^2} \quad , \quad S_2 = 9.7\cdot10^{-10}\ \frac{W}{m^2}\ .$$

א. חשב את הטמפרטורה של כל אחד משני הכוכבים. (15 נקודות)

ב. חשב את היחס בין רדיוסי שני הכוכבים. (15 נקודות)

ג. אסטרונום העלה את ההשערה שבהירותו של אחד הכוכבים היא $L_1 = 4\cdot10^{26}\ W$.
חשב, על בסיס השערה זו, את:

(1) המרחק בין כדור־הארץ למערכת הכפולה. (10 נקודות)

(2) הרדיוס של כל אחד משני הכוכבים. (10 נקודות)

.28

כוכב שמסתו $M = 0.8\ M_\odot$ ($M_\odot$ היא מסת השמש) קרס למצב שבו רדיוסו $R = 2\ km$.

א. (1) חשב את הצפיפות הממוצעת ρ של הכוכב שקרס. (10 נקודות)

(2) פי כמה גדולה הצפיפות שמצאת בסעיף א (1) מצפיפותה הממוצעת של השמש? (10 נקודות)

ב. הנח שצפיפותו של הכוכב שקרס קבועה וגודלה ρ , ושהכוכב נמצא בשיווי־משקל הידרוסטטי.

הוכח כי הלחץ p בתוך הכוכב יורד עם המרחק ממרכזו לפי הנוסחה:

$$p(r) = p_o - \frac{2\pi G\rho^2}{3} r^2$$, כאשר p_o הוא הלחץ במרכז הכוכב. (10 נקודות)

ג. (1) על שפת הכוכב ($r = R$) הלחץ מתאפס.

בהסתמך על עובדה זו, הוכח כי הלחץ במרכז הכוכב מקיים: $p_o = \frac{3}{8\pi}\cdot\frac{GM^2}{R^4}$.
(10 נקודות)

(2) חשב, בעזרת תוצאת סעיף ג (1), את הלחץ במרכזו של הכוכב שקרס. (10 נקודות)

מעבדת חקר - חקירת הקשר בין מתח ההדקים לבין המתח על נגד טורי קבוע

לרשותך הציוד הבא:

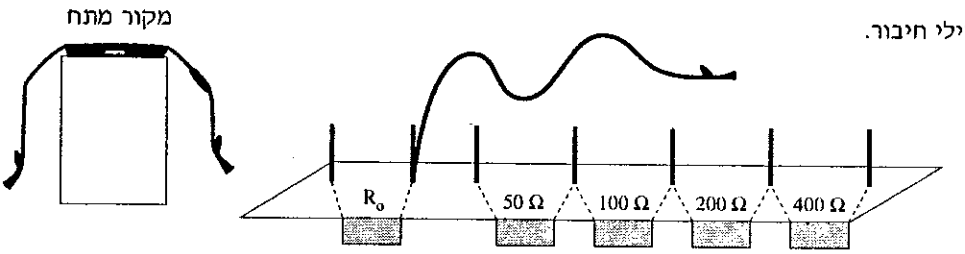
מקור מתח (ראה תרשים א);

לוחית נגדים עם 4 נגדים של 50 Ω , 100 Ω , 200 Ω ו־ 400 Ω (±5%) מחוברים בטור (ראה תרשים א);

נגד בודד שהתנגדותו R_o = 100 Ω הנמצא על לוחית הנגדים (ראה תרשים א);

מד־מתח ספרתי (דיגיטלי);

תיילי חיבור.



לוחית נגדים

תרשים א

תוכל להשתמש בעמודים 8-9 לטיוטה. בעמוד 10 יש נייר משבצות נוסף, ותוכל להשתמש בו במקרה הצורך.

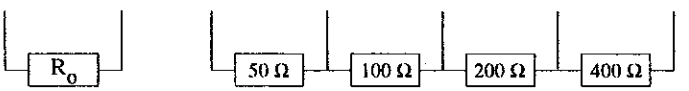
שים לב: אם אתה מתקשה במהלך הניסוי, אתה רשאי לבקש את עזרתו של הבוחן, אולם עזרה זו עלולה להוריד נקודות מהציון בהתאם לסוג העזרה.

חלק ראשון — בניית המערכת (10 נקודות)

1. בנה מעגל חשמלי, שבו למקור המתח מחוברים בטור צירוף של נגדים, שהתנגדותם הכוללת 750 Ω , וכן הנגד הבודד R_o (שהתנגדותו 100 Ω).

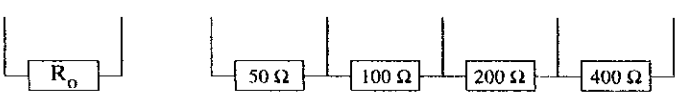
השאֵר את המעגל מחובר למשך 5 דקות על מנת לייצב את מתח המקור, ובינתיים עבור לסעיפים הבאים.

2. בתרשים ב מתוארים הנגד R_o ונגדי הלוחית. השלם את התרשים כך שיתאר את המעגל החשמלי שבנית בסעיף 1 . הוסף לתרשים מד־מתח למדידת המתח V_o על הנגד R_o ומד־מתח למדידת מתח ההדקים V .



תרשים ב

3. השלם את תרשים ג, כך שיתאר מעגל שבו למקור המתח מחוברים בטור הנגד הבודד R_o (שהתנגדותו 100 Ω) וכן צירוף של נגדים מבין 4 נגדי הלוחית, שהתנגדותם הכוללת 650 Ω . הוסף לתרשים מדי־מתח למדידת V_o ו־ V . אין צורך לבנות את המעגל.



תרשים ג

חלק שני — ביצוע הניסוי (50 נקודות)

4. במעגל שבנית בסעיף 1 , מדוד את המתח V_o על הנגד R_o , ורשום אותו במקום המתאים בטבלה שלפניך.

סך ההתנגדות המחוברת בטור ל־ R_o יחידות:	מתח V_o על הנגד R_o יחידות:	מתח ההדקים V יחידות:
750		

5. באותו מעגל מדוד את מתח ההדקים V , ורשום אותו במקום המתאים בטבלה.

6. חזור על הסעיפים 4 ו־ 5 עבור 4 ערכים נוספים של התנגדויות המחוברות בטור ל־ R_o , שישמשו אותך לבניית הגרף שבסעיף 8 . עבור כל אחד מן המקרים רשום בטבלה את סך ההתנגדות המחוברת ל־ R_o .

7. חבר את מקור המתח אל הנגד R_o . מדוד את המתח על הנגד R_o . רשום בטבלה את הערכים הנדרשים. בגמר המדידות נתק את המעגל.

חלק שלישי — ניתוח תוצאות, מסקנות ושאלות (40 נקודות)

8. סרטט גרף של מתח ההדקים V כפונקציה של המתח V_0 על הנגד R_0 .

בעמוד 10 יש נייר משבצות נוסף, ותוכל להשתמש בו במקרה הצורך.

9. התבונן בנקודות הניסיוניות בגרף שסרטטת. האם הנקודות מחלקות את תחום המתחים לקטעים שווים בקירוב? (כן/לא) _____

אם לא – הסבר כיצד היית יכול לקבל חלוקה לקטעים שווים בקירוב.

10. מדוע רצוי שהנקודות הניסיוניות בגרף יחלקו את תחום המתחים לקטעים שווים בקירוב?

11. הנוסחה $V = \varepsilon - \frac{r}{R_0} V_0$ מבטאת את הקשר בין V ל־ V_0.

הוכח את הנוסחה.

12. על סמך הגרף שסרטטת, מצא את הכא"מ של מקור המתח. הסבר את שיקוליך.

13. חבר את מד־המתח ישירות אל המקור, מדוד את המתח, ורשום את הערך שקיבלת.
נתק את המעגל. הסבר את הקשר בין מתח זה לבין הכא"מ שמצאת בסעיף הקודם.

14. על סמך הגרף שסרטטת ועל סמך הנוסחה שבסעיף 11 , מצא את התנגדותו הפנימית של מקור המתח. הסבר את שיקוליך.

תשובות סופיות - 1995

1. א. המהירות גדלה ב. $v_{0.02} = 0.6\frac{m}{sec}$

ג. $v_{0.20} = 1.68\frac{m}{sec}$; $v_{0.14} = 1.32\frac{m}{sec}$; $v_{0.08} = 0.96\frac{m}{sec}$

ה. התאוצה קבועה $a = 6\frac{m}{sec^2}$ ו. כן. כיוון התאוצה היה מתהפך.

2. א. על M ב. $a = \frac{F}{M+m}$; $T = M\cdot\frac{F}{M+m}$ ג. התאוצה קטנה

3. א. קו ישר ב. ציר X החיובי ג. גודל המהירות קטן התחילה וגדל לאחר העצירה. ד. פרבולה. ה. גודל המהירות גדל ו. $\dot{X} = \dot{X}(64,96)$

4. א. $v_1' = -v$ ב. $\Delta(m\cdot v)_1 = -2\cdot m\cdot v$ ג. גודל המהירות לא השתנה.
ה. $J = -2\cdot m\cdot v\cdot\sin(\alpha)$

5. א. (1) $M = \frac{g\cdot R^2}{G}$ (2) $M_E = 6.02\cdot 10^{24}kg$

ב. (1) $M = \frac{4\cdot\pi^2\cdot r^3}{G\cdot T^2}$ (2) $M_E = 6.02\cdot 10^{24}kg$

6. א. (1) $E_A = \frac{k\cdot Q}{(H-R)^2}$; $E_0 = 0$ (2) $V_A = \frac{k\cdot Q}{H-R}$; $V_0 = \frac{k\cdot Q}{R}$

ב. $Q = \frac{m\cdot g\cdot(H-R)^2}{k\cdot q}$ ג. $E = \frac{K\cdot Q^2}{2\cdot R}$ ד. אנרגית הכובד של הטיפות.

7. א. $I_0 = 0.004\,A$ ב. $\tau = 5\,sec$ ג. $C = 0.005\,F$ ד. $Q = 0.02\,C$

ו. $E = 0.08\,J$

8. א. $R = 161.3\,\Omega$ ב. 3 נורות במקביל ג. האור בנורות ה- 25 W יגבר, ובנורת ה- 75 W יחלש.

9. א. (1) מסלול מעגלי. (2) $R = \frac{m\cdot v}{q\cdot B}$; $T = \frac{2\cdot\pi\cdot m}{q\cdot B}$ ג. (1) שילוב של תנועה מעגלית ותנועה במהירות קבועה (2) $S = 7.68\cdot 10^{-3}m$

10. א. (1) מ- N ל- M , מ- A ל- B ומ- D ל- C. (2) $I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{v\cdot B\cdot l}{R}$

ב. (2) $F = \frac{B^2\cdot l^2\cdot v}{R}$ בכיוון ימין. (3) כוח קבוע. ג. $I = 6.4\cdot 10^{-3}A$

11. א. (2) גדול יותר. ב. (1) $\alpha_1 = 7.13^0$ (2) $y = 1.24\,m$
ג. $t = 1.52 \cdot 10^{-8}\,sec$

12. א. (2) $\lambda = 0.075\,m$ ב. $v = 330\frac{m}{sec}$ ג. C–מכסימום , R,L–מינימום
ד. $v = 264\frac{m}{sec}$

13. ב. $\lambda = 0.41\,\text{Å}$ ג. $n_{ph} = 1.04 \cdot 10^{12}$ ה. $E_K = 898\,eV$

14. א. (1) $E_{ph\,1} = 1.85\,eV$; $E_{ph\,2} = 3.84\,eV$; $E_{ph\,3} = 4.52\,eV$
ב. $\lambda_{4\to 3} = 18{,}235\,\text{Å}$; $\lambda_{3\to 2} = 6{,}231\,\text{Å}$; $\lambda_{4\to 2} = 4{,}644\,\text{Å}$
ג. $\lambda = 2{,}300\,\text{Å}$ ד. (1) $E_K = 11\,eV$; $0.8\,eV$ (2) $E_{ph} = 11\,eV$

15. א. $a = \dfrac{(M_2 - M_1)\cdot g}{M_1 + M_2 + \frac{m}{2}}$ ב. $\omega = 50\frac{Rad}{sec}$ ג. $\omega = 50\frac{Rad}{sec}$

16. א. $L = 8 \cdot 10^{-3}\,J\cdot sec$ ב. $f = 0.18\,Hz$ ג. $f = 0.26\,Hz$

17. ג. $C' = 2\cdot C$

18. א. $P = 8 \cdot 10^{-3}\,W$ ב. (1) $U_R = 2.83\,V$

19. א. $V' = 0.57\cdot V$ ב. (1) התשובה לא תשתנה. (2) התשובה לא תשתנה.
ג. $P = 260\,mmHg$ ד. לא ישתנה. ה. ישתנה

20. א. $N = 4.82 \cdot 10^{22}$ ב. $P = 1.34 \cdot 10^5\,\frac{N}{m^2}$ ג. $P_0 = 1.14 \cdot 10^5\frac{N}{m^2}$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

הערה כללית: שאלה זו מנוסחת בצורה גרועה מאד.
ראשית, על פי תוצאות המדידות מתקבל גרף של נקודות ולא קו רציף!!
שנית, לאורך כל השאלה מבקשים חישוב מהירות רגעית. מהירות זו ניתן לחשב רק אם ידוע הקשר הרגעי בין המיקום והזמן, וכל חישוב ממוצע אינו נכון.

א. מהירות היא השיפוע (הנגזרת) של גרף המיקום כפונקציה של הזמן.
מהירות הגוף גדלה עם הזמן מכיוון ששיפוע הגרף הוא שיפוע חיובי.

ב. המהירות שנדרשים לחשב בסעיף זה היא מהירות רגעית. מאחר ואי אפשר לדעת מהגרף את הקשר שבין המיקום והזמן, הדרך **היחידה** הנכונה היא מציאת קשר זה בעזרת הנתונים. דרך זו אינה מדעית, אבל מאחר ואין ברירה אלא לפתור את השאלה (יש בחינה, לא?...)
נניח שהקשר הוא של משוואה ריבועית (מי שרוצה יכול גם להניח משוואה ממעלה שלישית, רביעית וכו' במקרה זה יתאפסו המקדמים של האיברים ממעלה גדולה משתיים)

$$x = A\cdot t + B\cdot t^2$$

נציב שניים מזוגות הנתונים:

$$(1)\ 1.2 = A\cdot 0.02 + B\cdot 0.02^2$$
$$(2)\ 2.88 = A\cdot 0.04 + B\cdot 0.04^2$$

נכפיל את משוואה (1) ב-2 ונקבל:

$$(1')\ 2.4 = 2\cdot A\cdot 0.02 + 2\cdot B\cdot 0.02^2$$

נחסיר את משוואה (1) מ-(2) ונקבל:

$$0.48 = 0 + B\cdot(0.04^2 - 2\cdot 0.02^2) \implies B = 600\,\frac{cm}{sec^2}$$

$$A = \frac{2.88 - B\cdot 0.04^2}{0.04} = \frac{2.88 - 600\cdot 0.04^2}{0.04} = 48\,\frac{cm}{sec}$$

נבדוק עוד זוג נתונים לראות אם הפתרון מתאים. נציב t=0.06 ונקבל:

$$48\cdot 0.06 + 600\cdot 0.06^2 = 5.04\,cm$$

המקדם A הוא המהירות ההתחלתית: $v_0 = 48\frac{cm}{sec} = 0.48\frac{m}{sec}$

המקדם B הוא התאוצה: $a = 600\frac{cm}{sec^2} = 6\,\frac{m}{sec^2}$

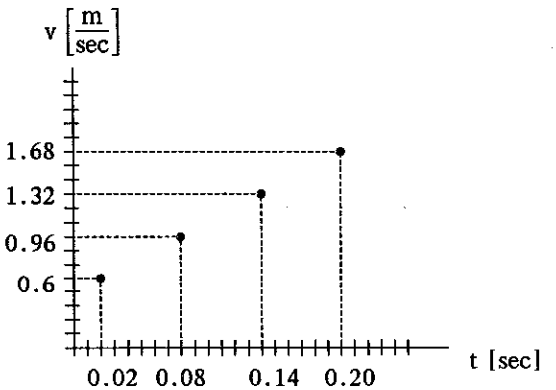
נמצא את המהירות לאחר 0.02 sec:

$$v = v_0 + a\cdot t = 0.48 + 6\cdot 0.02 = 0.6\frac{m}{sec}$$

ג.

t [sec]	v [m/sec]
0.02	0.48+6·0.02=0.6
0.08	0.48+6·0.08=0.96
0.14	0.48+6·0.14=1.32
0.20	0.48+6·0.20=1.68

ד.



ה. קצת מוזר לענות על סעיף זה בשלב זה, אחרי שהשתמשנו בעובדה שהתאוצה קבועה בפתרון סעיפים ב' ו-ג'.
התשובה לשאלה היא: כן, התאוצה קבועה. אפשר גם לראות זאת מכך שגרף המהירות כפונקציה של הזמן הוא גרף לינארי.
כדי לחשב את התאוצה, הפעם מתוך הגרף, יש לקחת שתי נקודות על הקו הישר שמעבירים בין הנקודות הנמדדות ולא שתי נקודות של תוצאות (אלא אם כן הנקודות הן ממש על הקו). אנחנו נבחר שתי נקודות מן התוצאות כי אין לנו נייר מילימטרי ונקבל:

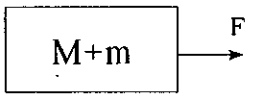
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_4 - v_2}{t_4 - t_2} = \frac{1.68 - 0.96}{0.20 - 0.08} = 6\frac{m}{sec^2}$$

ו. במידה וציר המקום היה מוגדר כחיובי בכיוון ההפוך, כל הגדלים הווקטוריים היו מתהפכים בהתאם לקביעה זו. כל המהירויות היו שליליות וגם התאוצה היתה הופכת את סימנה.

פיתרון מספר 2 - מכניקה

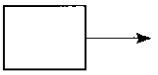
א. הכוח השקול הפועל על כל אחד מהם שווה למכפלת התאוצה במסת הגוף:
$\Sigma F = m \cdot a$
מאחר ושני הגופים נעים בתאוצה זהה, הכוח השקול הגדול יותר פועל על המסה הגדולה יותר, היינו המסה M.

ב. כדי למצוא את תאוצת המערכת נסתכל על שני הגופים כמערכת אחת.
(הכוחות בציר Y מבטלים זה את זה ולכן אינם רלוונטיים לשאלה)



הכוח החיצוני המאיץ את המערכת הוא F (אין חיכוך) ולכן:

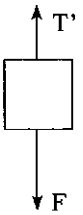
$$\Sigma F = (\Sigma m)\cdot a \quad \Longrightarrow \quad a = \frac{\Sigma F}{\Sigma m} = \frac{F}{M + m}$$



כדי למצוא את המתיחות בחוט נסתכל על המסה M (כי המתיחות בחוט היא הכוח היחיד המאיץ אותה)

$$\Sigma F = m\cdot a \quad \Longrightarrow \quad T = M\cdot a = M\cdot\frac{F}{M + m}$$

ג. הגוף החדש שנתלה נע בתאוצה. מאחר והוא בתאוצה שקול הכוחות הפועלים עליו גדול מאפס. לכן, ברור שמשקלו הפועל כלפי מטה (F) גדול מהמתיחות בחוט הפועלת עליו כלפי מעלה (T').



המסקנה היא שהמתיחות בחוט המושך את שתי המסות m ו-M קטנה עכשיו יותר מן הכוח F שפעל קודם ולכן התאוצה שלהן קטנה יותר.

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. מאחר וכיוון המהירות ההתחלתית וכיוון התאוצה הם על אותו ציר, התאוצה היא תאוצה משיקית המשנה את גודל המהירות.
צורת המסלול היא, לכן, קו ישר. הגוף יאט, יעצר ויחזור בכיוון ציר ה-X החיובי.

ב. כיוון ווקטור התאוצה הוא תמיד בכיוון שקול הכוחות. מכיוון שבכל מהלך התנועה שקול הכוחות הוא בכיוון ציר ה-X החיובי, גם כיוון התאוצה הוא בכיוון ציר ה-X החיובי.

ג. גודל המהירות קטן עד לשלב בו הגוף נעצר, ואז גודל המהירות גדל שוב (הסימן של המהירות השתנה כי כיוונה השתנה) בכיוון ההפוך.

ד. לגוף יש מהירות התחלתית בכיוון ציר Y ותאוצה בכיוון ציר X.
הביטוי למיקום שלו בכל רגע בציר Y הוא: $Y = v_{0Y}\cdot t$

הביטוי למיקום שלו בציר X הוא (אין מהירות התחלתית): $X = \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2$

משוואת המסלול היא: $X = \frac{a\cdot Y^2}{2\cdot v_{0Y}^2}$

זוהי משוואה של פרבולה. (המצב זהה למצב של זריקה אופקית)

ה. גודל המהירות גדל כל הזמן מכיוון שהמהירות היא השקול של גודל קבוע בציר Y וגודל ההולך וגדל בציר X. $v = \sqrt{v_{0Y}^2 + (a\cdot t)^2}$

ו. $Y = v_{0Y}\cdot t = 24\cdot 4 = 96\,m$

$$X = \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{F}{m}\cdot t^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{1.6}{0.2}\cdot 4^2 = 64\,m$$

מיקום הגוף הוא: $\vec{X} = \vec{X}(64,96)$

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. חלקיק 1 לא מאבד אנרגיה קינטית כתוצאה מההתנגשות (התנגשות אלסטית) ולכן גודל מהירותו נשאר v. כיוון המהירות התהפך והוא בכיוון ציר ה-X השלילי. $v_1' = -v$

ב. $\Delta(m\cdot v)_1 = m\cdot\Delta v_1 = m(v' - v) = m(-v - v) = -2\cdot m\cdot v$

ג. מכיוון שאין אבדן אנרגיה קינטית גודל המהירות לא השתנה.

ד. מאחר והכוח שמפעיל הקיר הוא בכיוון ציר ה-X, המהירות בכיוון Y נשארת ללא שינוי: $v_{2Y}' = v_{2Y}$

מאחר וגם גודל המהירות נשאר ללאל שינוי: $v_2' = v_1'$

והמהירות השקולה תלוייה בריבוע ערכי רכיבי המהירות: $v_2 = \sqrt{v_{2X}^2 + v_{2Y}^2}$

נובע: $v_{2X}' = \pm v_{2X}$

הסימן הנכון הוא הסימן השלילי כי כיוון המהירות בציר X התהפך.

$$tg(\alpha) = \frac{v_{X1}}{v_{Y1}} = \frac{-v_{X2}}{v_{Y2}} = tg(\beta) \quad \Longrightarrow \alpha = \beta$$

ה. המתקף שווה לשינוי הצנע. שינוי התנע על חלקיק 2 נעשה רק ברכיב X.

$$\Delta(m\cdot v)_2 = m\cdot\Delta v_2 = m(v_{2X}' - v_{2X}) = m(-v_{2X} - v_{2X}) =$$
$$= -2\cdot m\cdot v_X = -2\cdot m\cdot v\cdot\sin(\alpha)$$

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. (1) את הביטוי לתאוצת הנפילה החופשית על פני כוכב מוצאים מהשוויון בין שתי צורות ביטוי שונות של כוח המשיכה: $m\cdot g = G\frac{m\cdot M}{R^2}$

$$g = G\cdot\frac{M}{R^2} \quad \Longrightarrow M = \frac{g\cdot R^2}{G}$$

(2) מכאן, מסת כדור הארץ היא:

$$M = \frac{g\cdot R^2}{G} = \frac{9.8\cdot(6.4\cdot10^6)^2}{6.67\cdot10^{-11}} = 6.02\cdot10^{24}\,kg$$

ב. (1) מכיוון שלווין נע במסלול מעגלי: $G\cdot\frac{m\cdot M}{r^2} = m\cdot\omega^2\cdot r = m\cdot\left[\frac{2\cdot\pi}{T}\right]^2\cdot r$

מכאן: $M = \frac{4\cdot\pi^2\cdot r^3}{G\cdot T^2}$

(2) $M = \frac{4\cdot\pi^2\cdot r^3}{G\cdot T^2} = \frac{4\cdot\pi^2\cdot(60\cdot6.4\cdot10^6)^3}{6.67\cdot10^{-11}\cdot(27.3\cdot24\cdot60\cdot60)^2} = 6.02\cdot10^{24}\,kg$

ג. מכיוון שלווין נע במסלול מעגלי: $G\cdot\frac{m\cdot M}{r^2} = m\cdot\frac{v^2}{r}$

מכאן: $v^2 = \frac{G\cdot M}{r}$

האנרגיה הקינטית של הלווין היא:

$$E_K = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot\frac{G\cdot M}{r} = \frac{G\cdot M\cdot m}{2\cdot r}$$

פיתרון מספר 6 - חשמל

א. בהנחה שהמרחק H גדול מאד מרדיוס הטבעת ואין השפעה לריכוז המטען בצינורית על התפלגות המטען בקליפה, אפשר להניח שההתפלגות היא אחידה.

(1) השדה החשמלי הנוצר כתוצאה מהמטען על הקליפה הוא כמו השדה של מטען נקודתי המרוכז במרכז הקליפה. מכיוון שהמטען חיובי כיוון השדה הוא מעלה:

$$E_A = \frac{k\cdot Q}{(H-R)^2}$$

הנקודה O היא בתוך הקליפה הכדורית ולכן השדה החשמלי בה שווה לאפס: $E_O = 0$

(2) הפוטנציאל בנקודה A הוא כמו הפוטנציאל של מטען נקודתי:

$$V_A = \frac{k\cdot Q}{H-R}$$

הפוטנציאל בנקודה O שווה לפוטנציאל על שפת הקליפה: $V_O = \frac{k\cdot Q}{R}$

ב. $F_G = F_E \implies mg = q\cdot E_A = q\cdot\frac{k\cdot Q}{(H-R)^2} \implies Q = \frac{m\cdot g\cdot(H-R)^2}{k\cdot q}$

ג. האנרגיה של קליפה טעונה היא: $E = \frac{Q\cdot U}{2} = \frac{Q}{2}\cdot\frac{K\cdot Q}{R} = \frac{K\cdot Q^2}{2\cdot R}$

(נזניח את האנרגיה שהיתה לכל טיפה לפני כניסתה לקליפה)

ד. מקור האנרגיה החשמלית הנוצרת הוא באנרגית הכובד של הטיפות.

פיתרון מספר 7 - חשמל

א. ברגע t=0 המתח כולו נמצא על שני הנגדים המחוברים ביניהם בטור:

$$I_0 = \frac{\epsilon}{R_1+R_2} = \frac{4}{500+500} = 0.004\,A$$

ב. קבוע הזמן $\tau=RC$ מוגדר כזמן הגורם לירידת הזרם ל-37% מערכו ההתחלתי:

$$I = I_0\cdot e^{-\frac{t}{RC}} \xrightarrow[t=\tau=RC]{} I_0\cdot e^{-\frac{RC}{RC}} = I_0\cdot e^{-1} = 0.37\cdot I_0$$

על פי הגרף, הזרם ההתחלתי הוא 20 משבצות קטנות מראשית הצירים. 37% של 20 הם: 7.4 . הזרם הוא 7.4 משבצות מראשית הצירים בערך לאחר 5 sec ולכן זהו קבוע הזמן. $\tau = 5\,sec$

ג. $\tau = R\cdot C \implies C = \frac{\tau}{R} = \frac{5}{500+500} = 0.005\,F$

ד. כאשר הקבל טעון לחלוטין המתח עליו הוא המתח של מקור המתח.

$Q = C\cdot U = 0.005\cdot 4 = 0.02\,C$

ה. על פי חוק שימור המטען, כל המטען העודף המגיע לאחד מלוחות הקבל הגיע מן הלוח השני ועבר, לכן, דרך מקור המתח.

ו. המקור סיפק אנרגיה לשני תהליכים והם טעינת הקבל ופליטת חום בנגדים. מאחר ומקור המתח העלה מטען Q דרך הפרש פוטנציאלים ϵ, הרי שהאנרגיה שהוא סיפק היא: $E = Q\cdot U = 0.02\cdot 4 = 0.08\,J$

פיתרון מספר 8 - חשמל

א. ראשית נחשב את התנגדות הנורה, על פי הנתונים שלה:

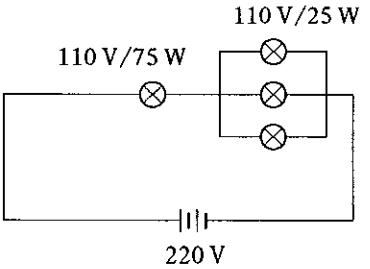
$$P = \frac{U^2}{R} \implies R = \frac{U^2}{P} = \frac{110^2}{75} = 161.3\,\Omega$$

מאחר והמתח על הנגד המחובר בטור אמור להיות מחצית מן המתח של מקור המתח הוא צריך להיות שווה בערכו להתנגדות הנורה ולכן:

$R = 161.3\,\Omega$

ב. נחשב את התנגדות הנורות: $R = \frac{U^2}{P} = \frac{110^2}{25} = 484\Omega$

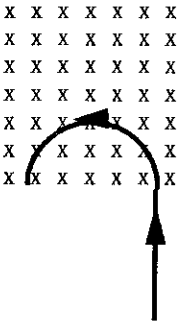
כדי ליצור משלוש נורות שהתנגדותן 484Ω נגד אחד שהתנגדותו 161.3Ω נחבר את שלוש הנורות במקביל:



$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{484} + \frac{1}{484} + \frac{1}{484}} = 161.3\Omega$$

ג. התנגדות חלק המעגל של שלוש הנורות המחוברות במקביל גדל. לכן, המתח על חלק זה של המעגל יהיה עכשיו גדול יותר.
מאחר והמתח גדול יותר, האור בשתי הנורות המחוברות במקביל יגבר, והאור בנורה המחוברת להם בטור יחלש כי המתח עליה יקטן.

פיתרון מספר 9 - חשמל



א. (1) על פי כלל יד ימין השני, יפעל הכוח, מיד עם הכניסה לשדה בכיוון שמאל, ואחר כך ישנה את כיוונו וישאר בכל רגע מאונך למהירות, כך שיווצר מסלול מעגלי.

(2) מכיוון שהתנועה היא מעגלית:

$$q\cdot v\cdot B = m\cdot\frac{v^2}{R} \implies R = \frac{m\cdot v}{q\cdot B}$$

$$T = \frac{2\cdot\pi}{\omega} = \frac{2\cdot\pi}{\left(\frac{v}{R}\right)} = \frac{2\cdot\pi\cdot R}{v} = \frac{2\cdot\pi\cdot m}{q\cdot B}$$

ב. החלקיק ממשיך לנוע בקו ישר מאחר ולא פועל עליו כוח מגנטי. כוח מגנטי פועל רק על רכיב התנועה המאונך לכיוון השדה המגנטי. מהירות החלקיק לא משתנה, לכן, לא בגודלה (כמו כל תנועה בשדה מגנטי) ולא בכיוונה (המקרה זה).

ג. (1) נפרק את מהירות החלקיק לשני רכיבים: $v_X = v\cdot\cos(\alpha)$ $v_Y = v\cdot\sin(\alpha)$ רכיב ה-X של המהירות הוא בכיוון השדה המגנטי, ולכן, כמו בסעיף ב' לא פועל עליו כוח. בכיוון ציר X יש, לכן, תנועה במהירות קבועה בקו ישר. רכיב ה-Y של המהירות מאונך לשדה המגנטי, ולכן כמו בסעיף א' פועל עליו כוח המאונך למהירות ונוצרת תנועה מעגלית.
כיוון הכוח, ברגע הראשון, הוא בכיוון ציר Z השלילי (פנימה לתוך הדף), והתנועה המעגלית הנוצרת היא במישור Y-Z.

השילוב של תנועה מעגלית במישור Y-Z ותנועה במהירות קבועה בציר X יוצרת את התנועה הבורגית.

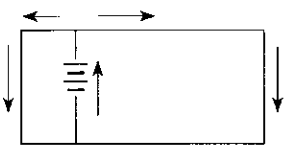
(2) הזמן לביצוע סיבוב אחד הוא, כפי שחושב בסעיף א': $T = \frac{2\cdot\pi\cdot m}{q\cdot B}$

בזמן הזה מתקדם החלקיק בכיוון ציר X במהירות קבועה:

$$S = v_X\cdot T = v\cdot\cos(\alpha)\cdot\frac{2\cdot\pi\cdot m}{q\cdot B}$$

$$S = 6.25\cdot 10^4\cdot\cos(53^o)\cdot\frac{2\cdot\pi\cdot 11.7\cdot 10^{-27}}{1.6\cdot 10^{-19}\cdot 2.25} = 7.68\cdot 10^{-3}\,m$$

פיתרון מספר 10 - חשמל



א. (1) על פי כלל יד ימין למציאת כיוון הכוח הפועל על מטען הנע בשדה מגנטי, כיוון הכוח הפועל על מטען חיובי במוט MN, ולכן גם כיוון הזרם במוט, הוא מ-N ל-M. מאחר והמוט הוא מקור המתח של המעגל הזרם זורם ממנו מ-A ל-B ומ-D ל-C.

(2) $I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{v\cdot B\cdot l}{R}$

ב. (1) על המוט פועל כוח מאחר וזהו תיל נושא זרם הנמצא בשדה מגנטי. כיוון הכוח הפועל על התיל הוא שמאלה. כדי לשמור על מהירות קבועה של התיל יש להפעיל כוח ימינה השווה בגודלו והפוך בכיוונו לכוח על התיל.

(2) הכוח הפועל על התיל הוא: $F = I\cdot B\cdot l = \left[\frac{v\cdot B\cdot l}{R}\right]\cdot B\cdot l = \frac{B^2\cdot l^2\cdot v}{R}$

לכן צריך להפעיל כוח בגודל זה בכיוון ימין.

(3) הכוח הוא כוח קבוע כי המהירות היא קבועה.

ג. התנגדות החלק הימני היא: $R_{(MDCN)} = \lambda\cdot(2+1+2) = 5\cdot\lambda$

התנגדות החלק השמאלי היא: $R_{(MABN)} = \lambda\cdot(1+1+1) = 3\cdot\lambda$

ההתנגדות השקולה של המעגל החיצוני (שני חלקי המסגרת מחוברים במקביל): $R_T' = \frac{5\cdot\lambda\cdot 3\cdot\lambda}{5\cdot\lambda + 3\cdot\lambda} = 1.875\cdot\lambda$

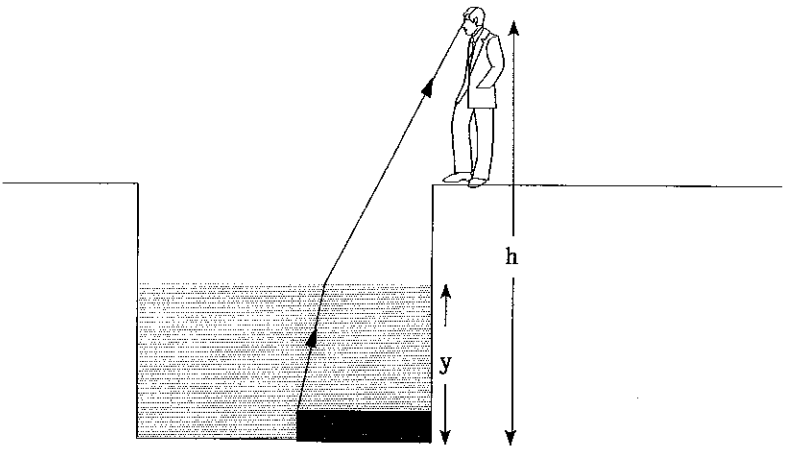
ההתנגדות הכוללת של המעגל היא: $R_T = R_T' + r = 1.875\cdot\lambda + \lambda = 2.875\cdot\lambda$

הזרם דרך המוט, שהוא הזרם הכללי במעגל, הוא:

$$I = \frac{\epsilon}{R_T} = \frac{v\cdot B\cdot l}{2.875\cdot\lambda} = \frac{2\cdot 0.023\cdot 0.4}{2.875\cdot 1} = 6.4\cdot 10^{-3}\,A$$

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. (1)



(2) הסרגל נראה לאדם גדול יותר כי המשך דמיוני של הקרן היוצאת מן המים פוגע בקרקעית הבריכה במקום רחוק יותר משפת הבריכה.

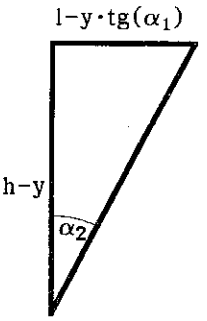
ב. (1) נשתמש בחוק סנל, כאשר הנתונים הם:

$n_1=1.33\,;\,n_2=1\,;\,\alpha_1=?\,;\,\alpha_2=9.5^0$

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{\sin(\alpha_2)}{\sin(\alpha_1)} \Longrightarrow \sin(\alpha_1)=\frac{n_2}{n_1}\cdot\sin(\alpha_2)=\frac{1}{1.33}\cdot\sin(9.5^0)=0.124$$

$$\alpha_1=\sin^{-1}(0.124)=7.13^0$$

(2) נסתכל במשולש הנמצא מחוץ למים שצלעו האנכית היא $h-y$ וצלעו האופקית היא $L-y\cdot tg(\alpha_1)$.



$$tg(\alpha_2)=\frac{L-y\cdot tg(\alpha_1)}{h-y}$$

$$tg(\alpha_2)\cdot(h-y)=L-y\cdot tg(\alpha_1)$$

$$y=\frac{h\cdot tg(\alpha_2)-L}{tg(\alpha_2)-tg(\alpha_1)}=$$

$$=\frac{3.9\cdot tg(9.5^0)-0.6}{tg(9.5^0)-tg(7.13^0)}=1.24\,m$$

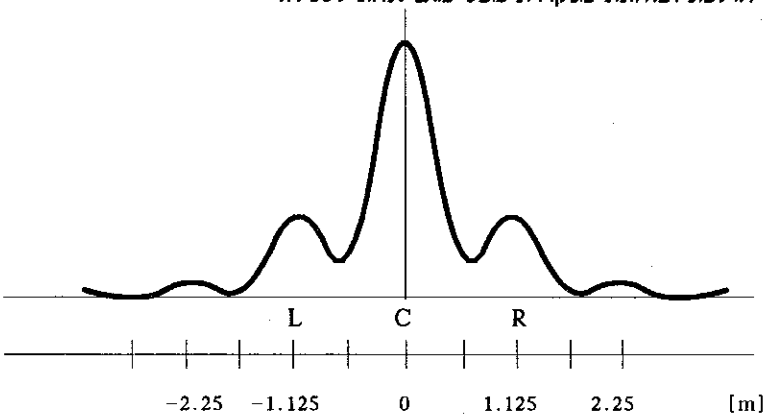
ג. הזמן מורכב מתנועה בשני תווכים:

$$t=t_1+t_2=\frac{y}{v_1}+\frac{h-y}{v_2}=\frac{y}{\frac{c}{n_1}}+\frac{h-y}{\frac{c}{n_2}}=\frac{1}{c}\cdot[y\cdot n_1+(h-y)\cdot n_2]$$

$$t=\frac{1}{c}\cdot[y\cdot n_1+(h-y)\cdot n_2]=\frac{1}{3\cdot 10^8}\cdot[2\cdot 1.33+(3.9-2)\cdot 1]=1.52\cdot 10^{-8}\,sec$$

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. (1) המרחק בין כל שתי נקודות מכסימום סמוכות הוא 1.125 m. העוצמה הולכת ופוחתת מנקודת מכסימום אחת לשניה.



(2) הנתונים הם: $d = 1\,m\ ;\ L = 15\,m\ ;\ \Delta x = 1.125\,m$

$$\frac{\Delta x}{L} = \frac{\lambda}{d} \implies \lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{L} = \frac{1.125 \cdot 1}{15} = 0.075\,m$$

ב. $$v = \lambda \cdot f = 0.075 \cdot 4400 = 330\frac{m}{sec}$$

ג. בנקודה C עוצמת האור היא תמיד מכסימלית. גם כאשר יש סדק אחד וגם כאשר יש שני סדקים.
אבל, כאשר יש סדק אחד, המרחק האופייני של התבנית הנוצרת הוא לנקודת מינימום.
המרחק בין C לבין נקודת המינימום הראשונה ניתן בנוסחה:

$$\frac{X_1}{L} = 1 \cdot \frac{\lambda}{\omega}$$

מאחר ו-ω שווה בגודלו ל-d הרי המרחק לנקודת המינימום הראשונה בתבנית העקיפה יהיה שווה למרחק עד לנקודת המכסימום הראשונה בתפנית ההתאבכות, היינו נקודות R ו-L, והמסקנה היא שבנקודות אלו יהיה עכשיו מינימום.

ד. מספר חצאי אורך הגל שיש הוא מספר נקודות הצומת + 1, כי אם מספר נקודות הצומת הוא אי זוגי יש מספר שלם של אורכי גל במיתר, לכן:

אורך הגל במיתר הקשור הוא: $L = n \cdot \frac{\lambda}{2} \implies \lambda = \frac{2 \cdot L}{n} = \frac{2 \cdot 0.3}{9+1} = 0.06\,m$

$$v = \lambda \cdot f = 0.06 \cdot 4400 = 264\frac{m}{sec}$$

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. (1) מגבלת אורך הגל נובעת מן האנרגיה הקינטית המכסימלית של אלקטרון אחד. מכיוון שהתהליך הוא תהליך חלקיקי בו אלקטרון אחד יוצר אנרגיה המתבטאת בפוטון אחד לא יתכן שאנרגית הפוטון תהיה גדולה יותר מאנרגית האלקטרון המואץ.

(2) ספקטרום פליטת קרני ה-X מן השפופרת הוא ספקטרום רציף.

ב. $$E_{ph\ (eV)} = \frac{12,400}{\lambda\ (\text{Å})} \implies \lambda\ (\text{Å}) = \frac{12,400}{E_{ph\ (eV)}} = \frac{12,400}{3\cdot 10^4} = 0.41\,\text{Å}$$

ג. הספק האלומה הוא האנרגיה של פוטון אחד מוכפלת במספר הפוטונים הנפלטים בשניה:

$$P = n_{ph}\cdot E_{ph} \implies n_{ph} = \frac{P}{E_{ph}} = \frac{5\cdot 10^{-3}}{3\cdot 10^4\cdot 1.6\cdot 10^{-19}} = 1.04\cdot 10^{12}$$

ד. ניתן לבצע התאבכות עם אלקטרונים מכיוון שלכל חלקיק יש, על פי עקרון הדואליות, גם תכונות חלקיקיות.
המרווח בין האטומים הוא אחיד והוא מסדר הגודל של אורך הגל של האלקטרון.

ה. על פי נוסחת דה - ברויי: $$\lambda = \frac{h}{m\cdot v} \implies v = \frac{h}{\lambda\cdot m}$$

האנרגיה הקינטית היא: $$E_K = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot\left[\frac{h}{\lambda\cdot m}\right]^2 = \frac{1}{2\cdot m}\cdot\left[\frac{h}{\lambda}\right]^2$$

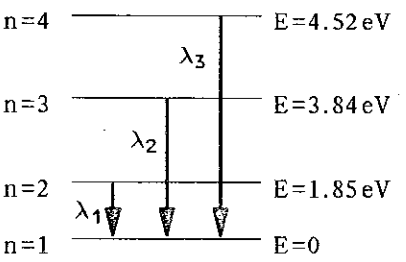
$$E_K = \frac{1}{2\cdot 9.1\cdot 10^{-31}}\cdot\left[\frac{6.63\cdot 10^{-34}}{0.41\cdot 10^{-10}}\right]^2 = 1.44\cdot 10^{-16}\,J = 898\,eV$$

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. $$E_{ph\ 1\ (eV)} = \frac{12,400}{6,708} = 1.85\,eV$$

$$E_{ph\ 2\ (eV)} = \frac{12,400}{3,233} = 3.84\,eV \quad ; \quad E_{ph\ 3\ (eV)} = \frac{12,400}{2,741} = 4.52\,eV$$

(2) האנרגיה גדלה ככל שאורך הגל קטן.



ב. מעברי האנרגיה הנוספים הם: $n_4 \to n_3$; $n_4 \to n_2$; $n_3 \to n_2$

$$\lambda\ (\text{Å}) = \frac{12{,}400}{E_{ph\ (eV)}} \implies \lambda_{4\to 3} = \frac{12{,}400}{4.52-3.84} = 18{,}235\,\text{Å}$$

$$\lambda_{4\to 2} = \frac{12{,}400}{4.52-1.85} = 4{,}644\,\text{Å}\ ;\ \lambda_{3\to 2} = \frac{12{,}400}{3.84-1.85} = 6{,}231\,\text{Å}$$

ג. $$E_{ph\ (eV)} = \frac{12{,}400}{\lambda\ (\text{Å})} \implies \lambda\ (\text{Å}) = \frac{12{,}400}{E_{ph\ (eV)}} = \frac{12{,}400}{5.39} = 2300\,\text{Å}$$

ד. (1) ראשית, יהיו אלקטרונים שכלל לא יעשו אינטראקציה עם אטומי המימן ויצאו עם אנרגיה של 11eV.
שנית יהיו אלקטרונים שימסרו לאטומי המימן אנרגיה של 10.2eV וישארו עם אנרגיה של 0.8eV.

(2) הפוטונים ממשיכים ללא אינטראקציה מכיוון שאין רמת אנרגיה מתאימה בשביל בליעתם. אנרגית הפוטונים לאחר הגז היא, לכן, 11eV.

פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. משוואת המומנטים היא: $\Sigma\tau = I\cdot\alpha$

$$T_2\cdot R - T_1\cdot R = I\cdot\alpha$$

מומנט ההתמד של גליל הוא: $I = \frac{1}{2}\cdot m\cdot R^2$

מכיוון שהגלגול הוא ללא החלקה יש קשר בין התאוצה הזוויתית של הגלגלת והתאוצה הקווית של המסות: $a = \alpha\cdot R$

נציב ונקבל (לאחר צמצום R): $T_2 - T_1 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot a$

משוואות הכוחות לשתי המסות נותנות: $M_2\cdot g - T_2 = M_2\cdot a$

$$T_1 - M_1\cdot g = M_1\cdot a$$

$$M_2\cdot g - M_2\cdot a - M_1\cdot g - M_1\cdot a = \frac{1}{2}\cdot m\cdot a \implies a = \frac{(M_2 - M_1)\cdot g}{M_1 + M_2 + \frac{m}{2}}$$

ב. $$\omega = \omega_0 + \alpha\cdot t = \omega_0 + \frac{a}{R}\cdot t = 0 + \frac{1}{0.03}\cdot\frac{(1-0.9)\cdot 10}{1+0.9+0.1}\cdot 3 = 50\frac{\text{Rad}}{\text{sec}}$$

ג. נבחר את מישור היחוס לכל מסה בנקודה בה המערכת מתחילה לנוע. על פי בחירה זו אין כלל אנרגיה קינטית ואנרגיה פוטנציאלית כובדית בתחילת התנועה:

$$0 = -M_2\cdot g\cdot h + M_1\cdot g\cdot h + \frac{1}{2}\cdot(M_1+M_2)\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2$$

$$(M_2-M_1)\cdot g\cdot h = \frac{1}{2}\cdot(M_1+M_2)\cdot\omega^2\cdot R^2 + \frac{1}{2}\cdot\left[\frac{1}{2}\cdot m\cdot R^2\right]\cdot\omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2\cdot(M_2-M_1)\cdot g\cdot h}{R^2\cdot\left[(M_1+M_2)+\frac{1}{2}\cdot m\right]}} = \sqrt{\frac{2\cdot(1-0.9)\cdot 10\cdot 2.25}{0.03^2\cdot[(1+0.9)+0.1]}} = 50\frac{\text{Rad}}{\text{sec}}$$

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. $L = M\cdot v\cdot R = 0.08\cdot 0.5\cdot 0.2 = 8\cdot 10^{-3}\,J\cdot sec$

ב. משימור התנע הזוויתי: $L = I\cdot\omega = \left[M\cdot\left(\frac{l}{2}\right)^2 + M\cdot\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \frac{1}{12}\cdot m\cdot l^2\right]\cdot 2\cdot\pi\cdot f$

$$f = \frac{L}{\left[2\cdot M\cdot\left(\frac{l}{2}\right)^2+\frac{1}{12}\cdot m\cdot l^2\right]\cdot 2\cdot\pi} = \frac{8\cdot 10^{-3}}{\left[2\cdot 0.08\cdot 0.2^2+\frac{1}{12}\cdot 0.06\cdot 0.4^2\right]\cdot 2\cdot\pi} = 0.18\,Hz$$

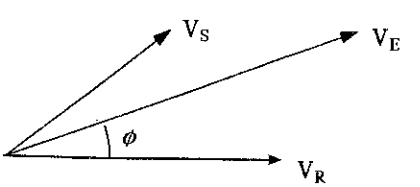
ג. גם לכדור השני יש תנע זוויתי לפני ואחרי ההתנגשות.
למערכת שני הכדורים המסתובבים, כמו גם לכדור השני יש תנע זוויתי התחלתי של $8\cdot 10^{-3}\,J\cdot sec$.

$$L = I\cdot\omega + L' = \left[M\cdot\left(\frac{l}{2}\right)^2 + M\cdot\left(\frac{l}{2}\right)^2 + \frac{1}{12}\cdot m\cdot l^2\right]\cdot 2\cdot\pi\cdot f + M\cdot v\cdot\frac{l}{2}\cdot\cos(30^0)$$

$$f = \frac{L - M\cdot v\cdot\frac{l}{2}\cdot\cos(30^0)}{\left[2\cdot M\cdot\left(\frac{l}{2}\right)^2+\frac{1}{12}\cdot m\cdot l^2\right]\cdot 2\cdot\pi} = \frac{2\cdot 8\cdot 10^{-3} - 0.08\cdot 0.3\cdot 0.2\cdot\cos(30^0)}{\left[2\cdot 0.08\cdot 0.2^2+\frac{1}{12}\cdot 0.06\cdot 0.4^2\right]\cdot 2\cdot\pi} = 0.26\,Hz$$

פיתרון מספר 17 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. אין הפרש מופע בין המתח על הנגד (V_R) והזרם במעגל.
המתח על הסליל (V_S) מקדים את הזרם במעגל.
המתח הכללי (V_E) הוא השקול הווקטורי של שני המתחים:



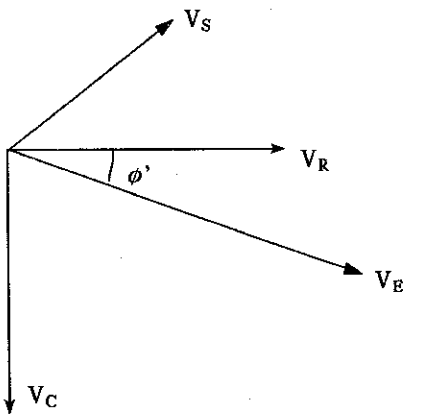
ב. (1) הביטוי להספק הוא: $P = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos(\phi)$

המתח האפקטיבי של המעגל נשאר זהה כי המתח V_E לא השתנה. הזרם האפקטיבי נשאר זהה כי המתח V_R לא השתנה. מאחר וגם ההספק נשאר זהה, לא נותר אלא ש: $\cos(\phi) = \cos(\phi') \implies \phi = \pm\phi'$

מאחר והוספת הקבל משנה את זווית המופע האפשרות היחידה היא:

$\phi = -\phi'$

(2)



ג. מאחר ובחיבור במעגל טורי הזרם דרך כל הרכיבים הוא זהה, דיאגרמת המתחים יכולה להיכתב גם כדיאגרמת עכבות.

מד ההספק מראה הספק מכסימלי כאשר המעגל בתהודה.

במצב ההתחלתי (ללא הקבל) מתקיים השוויון: $X_S \cdot \sin(\phi_L) = X_E \cdot \sin(\phi)$

במצב הראשון עם הקבל מתקיים השוויון:

$X_C - X_S \cdot \sin(\phi_L) = X_E \cdot \sin(\phi)$

מכאן: $X_C = 2 \cdot X_E \cdot \sin(\phi)$

במצב של תהודה שווה המתח על הקבל לרכיב ההשראתי של המתח על הסליל: $X_C' = X_S \cdot \sin(\phi_L) = X_E \cdot \sin(\phi)$

ומכאן: $X_C = 2 \cdot X_C'$

נציב את הביטוי לעכבת הקבל: $\frac{1}{\omega \cdot C} = 2 \cdot \frac{1}{\omega \cdot C'}$

ומכאן: $C' = 2 \cdot C$

פיתרון מספר 18 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. במצב של תהודה המתח על הנגד שווה למתח המקור.

הזרם במעגל הוא, לכן: $I = \frac{U_R}{R} = \frac{\epsilon}{R} = \frac{4}{2000} = 2\cdot 10^{-3}\,A$

זווית המופע של המעגל במצב של תהודה שווה ל-0^0

הספק המעגל הוא: $P = U_{eff}\cdot I_{eff}\cdot\cos(\phi) = 4\cdot 2\cdot 10^{-3}\cdot\cos(0^0) = 8\cdot 10^{-3}\,W$

ב. נמצא את הזרם החדש במעגל:

$$P' = \frac{P}{2} \implies I_{eff}'^2\cdot R = \frac{1}{2}\cdot I_{eff}^2\cdot R \implies I_{eff}' = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot I_{eff} = \frac{2\cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} = 1.41\cdot 10^{-3}\,A$$

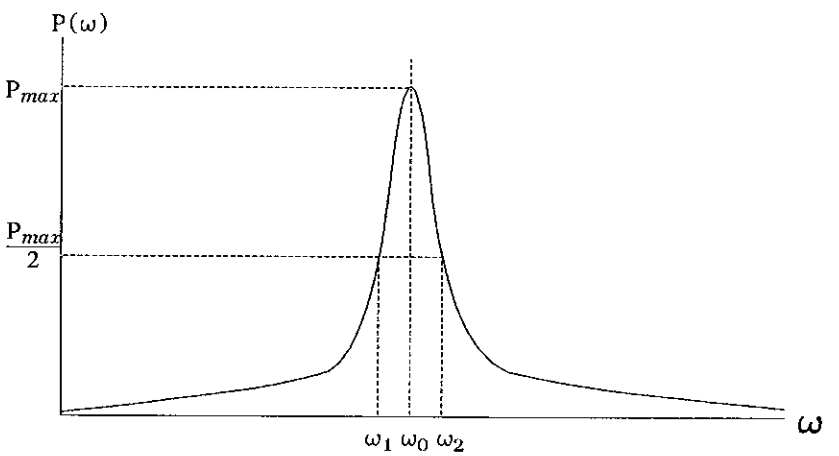
המתח על הנגד הוא: (1) $U_R = I_R\cdot R = 1.41\cdot 10^{-3}\cdot 2000 = 2.83\,V$

$$I_{eff}' = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot I_{eff} \implies \frac{\epsilon}{Z'} = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{\epsilon}{Z} = \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\frac{\epsilon}{R} \implies Z' = \sqrt{2}\cdot R$$

$$\sqrt{R^2 + \left[\frac{1}{\omega'\cdot C} - \omega'\cdot L\right]^2} = \sqrt{2}\cdot R$$

$$R^2 + \left[\frac{1}{\omega'\cdot C} - \omega'\cdot L\right]^2 = 2\cdot R^2$$

$$R = \pm\left[\frac{1}{\omega'\cdot C} - \omega'\cdot L\right] \implies R = \frac{1}{\omega_1\cdot C} - \omega_1\cdot L \quad ; \quad R = \omega_2\cdot L - \frac{1}{\omega_2\cdot C}$$



פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. משקל הגוף הצף שווה למשקל הנוזל שנדחה. נסמן ב-' את הכספית.

$$V\cdot\rho = V'\cdot\rho' \implies V' = V\cdot\frac{\rho}{\rho'} = V\cdot\frac{7.8}{13.6} = 0.57\cdot V$$

ב. (1) התשובה לא תשתנה, מאחר ושוויון הכוחות נובע ממשקל הנוזל ומשקל הקוביה, שניהם תלויים במידה שווה בתאוצת הכובד.
(2) התשובה לא תשתנה, מאחר והלחץ החיצוני פועל באופן שווה גם על הכספית וגם על קוביית הברזל.

ג. לחץ הכספית על חלקו הפנימי של הצינור (ולחץ הצינור על הכספית) מתווסף ללחץ עמוד הכספית התוך הצינור ומבטל את לחץ האוויר החיצוני.

$$P_0 = P_{50} + P \implies P = P_0 - P_{50} = 760 - 500 = 260\,\text{mmHg}$$

ד. גובה עמוד הכספית מעל פני הכספית שבאמבט לא ישתנה מכיוון שגובה זה נקבע על פי שוויון לחצים בין הלחץ החיצוני (שלא תלוי בגובה פני הכספית ב'אמבט) ולחץ עמוד הכספית הכלוא.

ה. גובה עמוד הכספית מעל קרקעית האמבט ישתנה מכיוון שגובה פני הכספית יעלו מעט (תלוי בגודל האמבט) עקב דחיית כמות כספית על ידי חלק קוביית הברזל הנמצא בתוך הכספית.

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. בכל מול יש מספר אבוגדרו של מולקולות, כך שמספר המולקולות הכללי הוא המכפלה של מספר המולים במספר אבוגדרו:

$$N = n\cdot N_A = 0.08\cdot 6.02\cdot 10^{23} = 4.82\cdot 10^{22}$$

ב. נשתמש במשוואת הגזים: $P\cdot V = n\cdot R\cdot T$

הנתונים הם: $V = S\cdot h = 30\cdot 10^{-4}\cdot 0.5 = 1.5\cdot 10^{-3}\,m^3$

$n = 0.08 \quad ; \quad T = 30 + 273 = 303^0K$

$$P = \frac{n\cdot R\cdot T}{V} = \frac{0.08\cdot 8.32\cdot 303}{1.5\cdot 10^{-3}} = 1.34\cdot 10^5\,\frac{N}{m^2}$$

ג. הלחץ המופעל על ידי הבוכנה הוא:

$$P' = \frac{F}{S} = \frac{m\cdot g}{S} = \frac{6\cdot 10}{3\cdot 10^{-3}} = 2\cdot 10^4\,\frac{N}{m^2}.$$

הלחץ האטמוספרי ולחץ הבוכנה מאוזנים ע"י לחץ האוויר הכלוא:

$$P' + P_0 = P \implies P_0 = P - P' = 1.34\cdot 10^5 - 2\cdot 10^4 = 1.14\cdot 10^5\,\frac{N}{m^2}$$

ד. הלחץ החדש בתוך הבוכנה הוא:

$$P = P' + P_0 = 2\cdot10^4 + 9\cdot10^4 = 1.1\cdot10^5\frac{N}{m^2}$$

ממשוואת המצב של גז אידאלי נקבל:

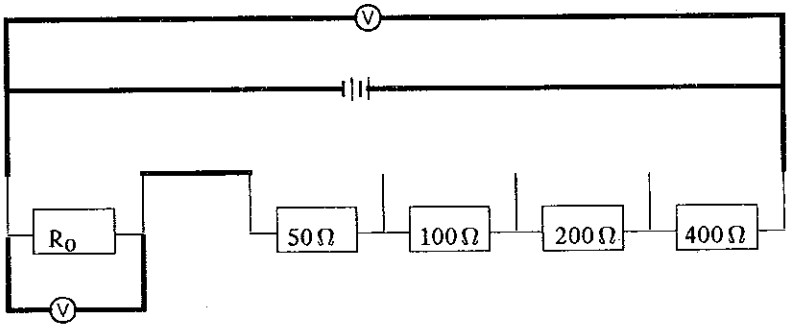
$$\frac{P_1\cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2\cdot V_2}{T_2} \Longrightarrow \frac{P_1\cdot S\cdot h_1}{T_1} = \frac{P_2\cdot S\cdot h_2}{T_2}$$

$$h_2 = \frac{T_2}{T_1}\cdot\frac{P_1}{P_2}\cdot h_1 = \frac{263}{303}\cdot\frac{1.34\cdot10^5}{1.1\cdot10^5}\cdot0.5 = 0.53\,m$$

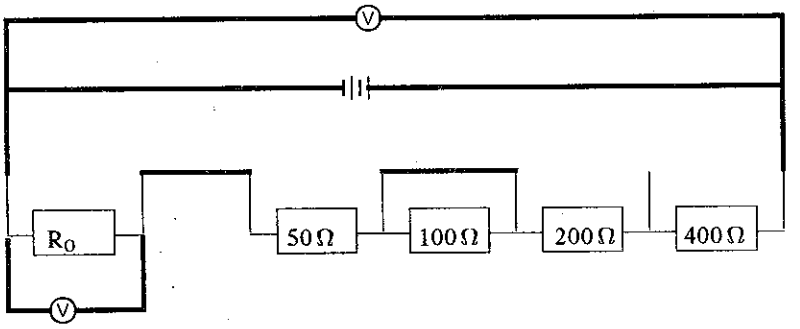
מעבדת חקר - חקירת הקשר בין מתח ההדקים לבין המתח על נגד טורי קבוע

חלק ראשון - בניית המערכת

2. כדי להגיע להתנגדות שקולה של $750\,\Omega$ נחבר את כל הנגדים בטור.
(הקווים העבים הם הקווים שנתווספו לשרטוט המקורי).



3. כדי להגיע להתנגדות שקולה של $650\,\Omega$ נקצר את הנגד של $100\,\Omega$.

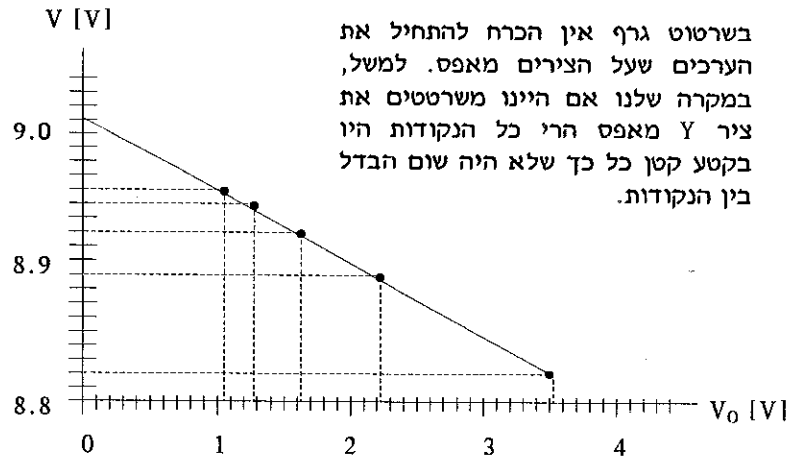


חלק שני - ביצוע הניסוי

4-7. (התוצאות המוצגות הן תוצאות דמיוניות, לא על פי הערכים שהתקבלו בניסוי עצמו)

סך ההתנגדות המחוברת בטור ל-R_0 (נמדד ב-Ω)	מתח V_0 על הנגד R_0 (נמדד ב-Ω)	מתח ההדקים V (נמדד ב-Ω)
750	1.05	8.95
600	1.28	8.94
450	1.62	8.92
300	2.22	8.89
150	3.53	8.82

8. בשרטוט גרף אין הכרח להתחיל את הערכים שעל הצירים מאפס. למשל, במקרה שלנו אם היינו משרטטים את ציר Y מאפס הרי כל הנקודות היו בקטע קטן כל כך שלא היה שום הבדל בין הנקודות.



9. הנקודות לא מחלקות את התחום לקטעים שווים. הבחירה של מרווחים שווים בין ההתנגדויות היתה גורמת לחלוקה לקטעים שווים אם הקשר היה קשר לינארי, אבל מאחר והקשר הוא קשר הפוך המרווחים צריכים להיות קטנים יותר ככל שההתנגדות קטנה יותר.

10. אם הנקודות הנסיוניות מחלקות את הקו לקטעים שווים בקירוב יש סיכוי קטן יותר לטעות במעבר הקו האופטימלי וחשיבות שווה לכל הנקודות שהושגו בניסוי.

11. על פי הנוסחה הנמצאת בדף הנוסחאות והמקשרת את הכ.א.מ. ומתח ההדקים:

$$V = \epsilon - I \cdot r$$

מאחר והזרם על הגגד R_0 הוא הזרם במקור המתח, מתקיים:

$$I = \frac{V_0}{R_0} \implies V = \epsilon - \frac{r}{R_0} \cdot V_0$$

12. הכ.א.מ. הוא בנקודת החיתוך עם ציר ה-Y.
על פי הגרף החיתוך הוא בנקודה $V=9\,V$, כך שהכ.א.מ. הוא: $\epsilon=9\,V$

13. הערך הנמדד כאשר מחברים את מכשיר המדידה ישירות אל מקור המתח הוא בקירוב טוב הכ.א.מ. עצמו, מאחר והתנגדות מכשיר המדידה גדולה מאד והזרם הזורם במקרה זה הוא אפסי.
מדידה זו יכולה, לכן, לשמש ביקורת לתוצאה של סעיף 12.

14. שיפוע הגרף הוא $-\frac{r}{R_0}$. את שיפוע הגרף מחשבים משתי נקודות על הקו האופטימלי שהועבר בין הנקודות (לא משתי נקודות שנתקבלו בנסיון, אלא אם כן הן נמצאות ממש על הקו)
אנו נבחר שתי נקודות נסיון כי אין לנו נייר מילימטרי:

$$a = \frac{P_{2Y} - P_{1Y}}{P_{2X} - P_{1X}} = \frac{8.95 - 8.82}{1.05 - 3.53} = -0.05$$

$$a = -\frac{r}{R_0} \implies r = -a \cdot R_0 = -(-0.05) \cdot 100 = 5\,\Omega$$

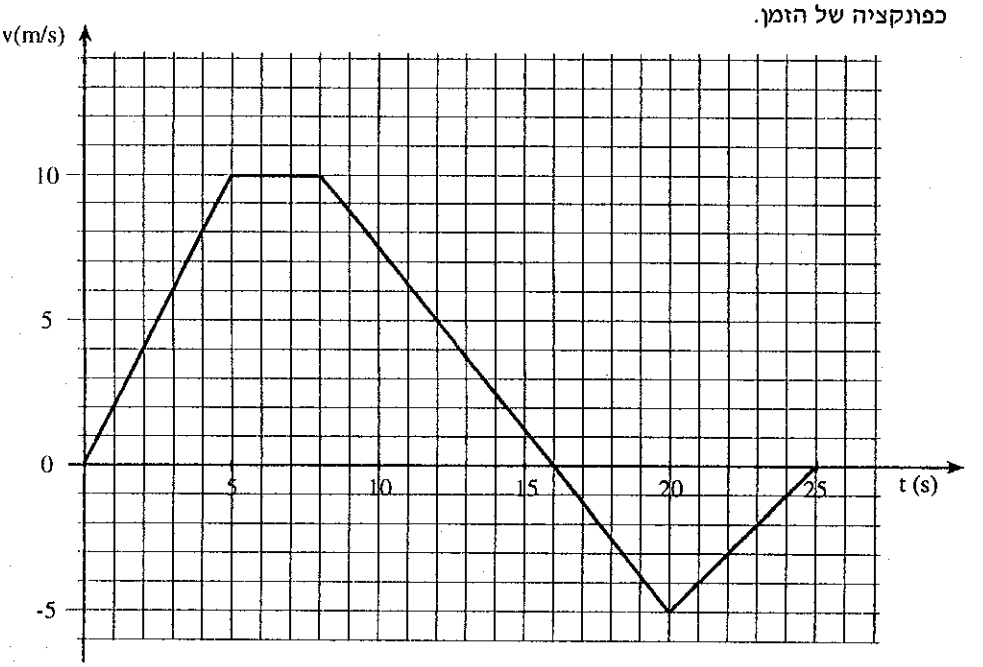
בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1996

חלק א' - מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 5 - 1.

1.

ברגע $t = 0$ גוף מתחיל לנוע ימינה, לאורך קו ישר. הגרף שלפניך מתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן.



א. האם הגוף משנה את כיוון תנועתו? אם לא – נמק. אם כן – ציין מתי, ונמק.

(5 נקודות)

ב. סרטט גרף המתאר את תאוצת הגוף כפונקציה של הזמן מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 25\ s$.

(8 נקודות)

ג. האם במהלך תנועתו הגוף חוזר לנקודת המוצא (נקודה שממנה יצא ברגע $t = 0$)?

אם כן – באיזה רגע? אם לא – נמק. (5 נקודות)

ד. העתק את הטבלה למחברתך והשלם בה את השורה הראשונה. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

פרק הזמן	כיוון המהירות	כיוון התאוצה	כיוון הכוח השקול הפועל על הגוף
$0 < t < 5\ s$			

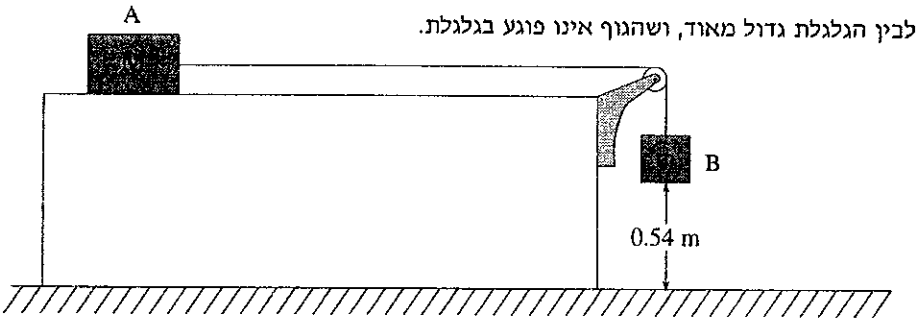
ה. השלם את הטבלה עבור פרקי זמן אחרים (הוסף שורות לטבלה בהתאם לצורך). חלק את הזמן $5\ s < t < 25\ s$ כך שבכל פעם שכיוונו של אחד או יותר מן הווקטורים שבטבלה משתנה, יתחיל פרק זמן חדש. אם וקטור מסוים שווה לאפס — רשום זאת בטבלה.

(10 נקודות)

ו. מהי תאוצת הגוף ברגע $t = 16\ s$? נמק. (2 נקודות)

2. גוף A שמסתו $M = 1.4\ kg$ מונח על שולחן אופקי. הגוף קשור באמצעות חבל הכרוך על גלגלת למשקולת B שמסתה $m = 0.6\ kg$. המערכת משוחררת ממנוחה כאשר גובה המשקולת B מעל הרצפה הוא $0.54\ m$ (ראה תרשים).

ניתן להזניח את החיכוך בין החבל לבין הגלגלת. הנח בכל שלבי השאלה שהמרחק בין הגוף A לבין הגלגלת גדול מאוד, ושהגוף אינו פוגע בגלגלת.



א. בסעיף זה הנח כי מסת החבל וכן החיכוך בין הגוף A לבין השולחן ניתנים להזנחה.

(1) חשב כעבור כמה זמן מגיע הגוף B לרצפה. (10 נקודות)

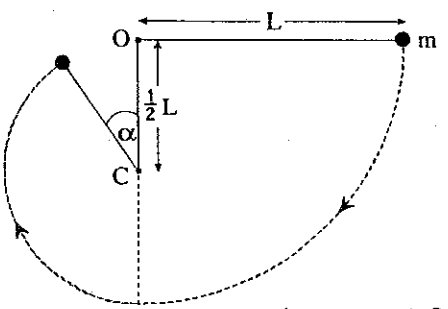
(2) סרטט גרף של מהירות הגוף A כפונקציה של הזמן, מרגע השחרור שיוגדר כ־ $t = 0$, עד הרגע $t = 2\ s$. (7 נקודות)

ב. בסעיף זה הנח כי מסת החבל ניתנת להזנחה, אולם יש חיכוך בין הגוף A לבין המשטח (למרות זאת, המערכת יוצאת לתנועה ברגע $t = 0$). סרטט גרף מקורב של מהירות הגוף A כפונקציה של הזמן, מרגע $t = 0$ עד הרגע שבו הגוף A נעצר (אינך נדרש לרשום ערכים מספריים על הצירים). הסבר את שיקוליך. (10 נקודות)

ג. בסעיף זה הנח כי החיכוך בין הגוף A לבין השולחן ניתן להזנחה, אולם מסת החבל אינה ניתנת להזנחה. מהו סוג התנועה של הגוף A לפני שהגוף B מגיע לקרקע (שוות מהירות, שוות תאוצה, בתאוצה הולכת וגדלה או בתאוצה הולכת וקטנה)? נמק.

($6\frac{1}{3}$ נקודות)

.3



כדור קטן שמסתו m קשור לקצה חוט שאורכו L . קצהו השני של החוט קבוע בנקודה O.

הכדור משוחרר ממצב שבו החוט אופקי וישר.

כאשר החוט מגיע למצב אנכי, הוא נתקל במסמר בנקודה C , שנמצאת במרחק $\frac{1}{2}L$ מתחת לנקודה O (ראה תרשים).

המסמר ניצב למישור התנועה של החוט.

א. מהו הגודל של מהירות הכדור כאשר החוט יוצר זווית α עם OC (ראה תרשים)? בטא את תשובתך באמצעות L ו־ α . (14 נקודות)

ב. הראה כי ברגע שהמתיחות בחוט מתאפסת, מתקיים: $\cos\alpha = \frac{2}{3}$. (14 נקודות)

ג. מה תהיה צורת המסלול של הכדור כל עוד המתיחות בחוט היא אפס (קו ישר, מעגל, פרבולה, אחר)? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

4. קפיץ, שקבוע הכוח שלו k ומסתו זניחה, מחובר בקצהו העליון לתקרה. לקצה התחתון של הקפיץ מחובר לוח עץ אופקי שמסתו M. במצב שיווי־משקל של המערכת, הקפיץ ארוך ב־ d מאורכו במצב רפוי.

א. בטא את d באמצעות k ו־ M. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

ממצב שיווי־המשקל מושכים את לוח העץ בשיעור A כלפי מטה ומרפים ממנו. הלוח מתנודד. ברגע שלוח העץ חולף על פני נקודת שיווי־המשקל בדרכו מטה, פוגע בו קליע שמסתו m ומהירותו v אנכית כלפי מעלה. הקליע חודר דרך לוח העץ ויוצא ממנו במהירות u. כתוצאה מפגיעת הקליע, לוח העץ נעצר בנקודת שיווי־המשקל (עצירה קבועה, לא רגעית). הנח כי משך ההתנגשות בין הקליע לבין לוח העץ הוא קצר מאוד, וכי מסת לוח העץ לא השתנתה כתוצאה מההתנגשות.

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה k, M, m, ו־ A את הפחת בגודל המהירות של הקליע, כלומר את $v - u$. (18 נקודות)

ג. כאשר לוח העץ נמצא במרחק מסוים מנקודת שיווי־המשקל, פוגע בו קליע הנע אנכית כלפי מעלה, חודר דרכו ויוצא ממנו. הסבר מדוע במקרה זה לוח העץ אינו יכול להיעצר (עצירה קבועה, לא רגעית). (8 נקודות)

5. טיל שוגר מפני כדור הארץ ממנוחה בכיוון אנכי. הטיל עלה <u>בתאוצה קבועה</u> של $20\ \frac{m}{s^2}$. כעבור 5 דקות אזל הדלק במכלי הטיל.

א. באיזה גובה מעל פני כדור הארץ אזל הדלק? (6 נקודות)

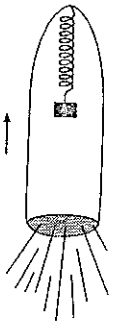
ב. מה תאוצת הנפילה החופשית בגובה שבו אזל הדלק במכלי הטיל? (9 נקודות)

ג. לאיזה גובה מקסימלי מעל פני כדור הארץ עלה הטיל? ($12\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. לקצהו של מד־כוח (דינמומטר) התלוי בתוך הטיל מחובר גוף שמסתו 2 kg (ראה תרשים).

מה תהיה הוראת מד־הכוח:

1. רגע לפני שאזל הדלק? (3 נקודות)
2. רגע אחרי שאזל הדלק? (3 נקודות)

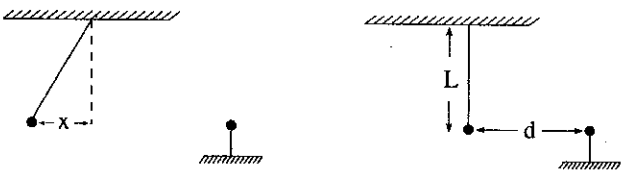


חלק ב' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 - 6.

6.

תלמיד הכין מערכת למדידת מטענים חשמליים. הוא לקח שני כדורים מוליכים קטנים זהים. את האחד הוא תלה בקצה חוט שאורכו L , ואת השני הצמיד לקצה של מוט. הוא התקין את המערכת כך ששני הכדורים היו באותו גובה ובמרחק d זה מזה (ראה תרשים א). החוט והמוט עשויים מחומר מבודד.



תרשים א תרשים ב

התלמיד טען את שני הכדורים באותו מטען q , וכתוצאה מכך סטה הכדור התלוי בשיעור x (ראה תרשים ב). התלמיד שינה את d כמה פעמים, ובכל פעם מדד את x . להלן תוצאות מדידותיו:

d (m)	x (m)	r = d + x	$\frac{1}{r^2}$
0.62	0.02		
0.47	0.03		
0.35	0.05		
0.24	0.08		
0.14	0.12		

א. העתק את הטבלה למחברתך, והשלם אותה. סרטט גרף של x כפונקציה של $\frac{1}{r^2}$.

(8 נקודות)

ב. הראה כי כאשר $x << L$ (כך ששיעור עליית הכדור זניח), גודל כוח הדחייה החשמלי F הפועל בין שני הכדורים מקיים: $F \approx mg\frac{x}{L}$, כאשר m היא מסת הכדור התלוי.

(8 נקודות)

ג. בהסתמך על חוק קולון ועל סעיף ב, הסבר את צורת הגרף שקיבלת. (8 נקודות)

ד. חשב את המטען q בהסתמך על הגרף שסרטטת, אם נתון כי: $L = 1m$; $m = 10\ gr$.

($9\frac{1}{3}$ נקודות)

.7

לרשותך שלוש נורות של פנס כיס, סוללה, נגד משתנה (אחד בלבד) ותיילים מוליכים (בכמות בלתי מוגבלת).

על אחת הנורות רשום 1 W ; 5 V , ועל שתי האחרות רשום: 0.2 W ; 2 V . כא"מ הסוללה הוא 9 V והתנגדותה הפנימית 1 Ω .

א. בחר באחת הנורות,והסבר את משמעות המספרים הרשומים עליה. (4 נקודות)

ב. האם שלוש הנורות יכולות לפעול בהתאם לרשום עליהן, כאשר הן מחוברות בטור זו לזו? נמק. (6 נקודות)

ג. תכנן מעגל חשמלי ובו כל הרכיבים שלרשותך, כך שכל שלוש הנורות יאירו בהתאם לרשום עליהן. סרטט את המעגל,והסבר. (15 נקודות)

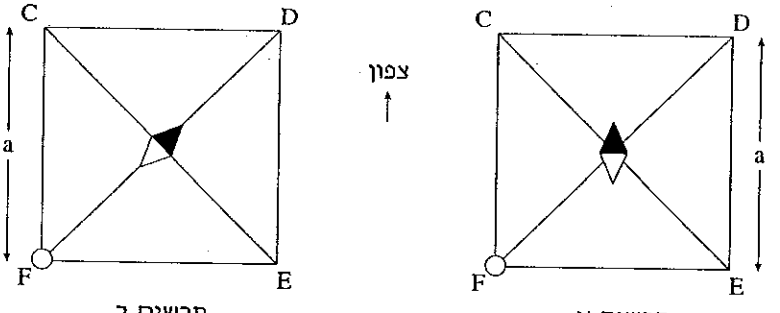
ד. חשב את התנגדות הנגד המשתנה במעגל שתכננת. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

.8

במרכזו של שולחן קטן CDEF מונח מצפן קטן המורה את הצפון. השולחן הוא אופקי וצורתו ריבועית. אורך צלע הריבוע הוא a = 40 cm (ראה תרשים א).

בפינה F של השולחן עובר תיל מוליך ישר וארוך מאוד. התיל ניצב למישור השולחן (העיגול הקטן שבתרשים מייצג את החתך של התיל).

כאשר מזרימים בתיל זרם שעוצמתו I = 25 A , סוטה מחט המצפן כך שהקוטב הצפוני שלו פונה לכיוון הקדקוד D של השולחן (ראה תרשים ב).



תרשים ב תרשים א

א. העתק את אחד התרשימים למחברתך, ציין בו את כיוון הזרם בתיל (סמן × אם הזרם נכנס אל הדף, וסמן • אם הזרם יוצא מן הדף), והסבר כיצד קבעת את הכיוון.

(8 נקודות)

ב. חשב את עוצמת השדה המגנטי (גודל וכיוון) שנוצר במרכז השולחן על־ידי הזרם שבתיל.

($8\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. חשב את עוצמת הרכיב האופקי של השדה המגנטי הארצי B_E במרכז השולחן.

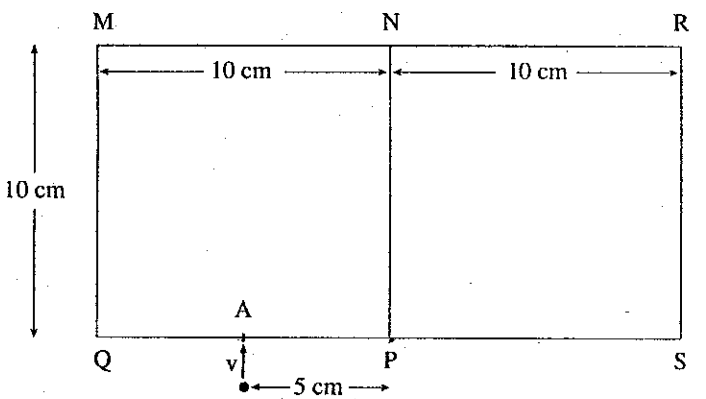
(9 נקודות)

ד. בפינה E של השולחן מוסיפים תיל זהה לתיל שבפינה F, ומזרימים בו אותו זרם I באותו כיוון. האם מחט המצפן תסטה מכיוונה בתרשים ב? אם כן – לאיזה כיוון (עם כיוון תנועת מחוגי השעון או נגד כיוון תנועתם)? אם לא – הסבר. (8 נקודות)

.9

נתונים שני אזורים MNPQ ו־NRSP שבהם שוררים שדות מגנטיים אחידים, שגודל כל אחד מהם הוא $B = 5\ T$. כיווני השדות מנוגדים זה לזה וניצבים למישור MRSQ.

ממדי האזורים נתונים בתרשים שלפניך:



בנקודה A, הנמצאת במרכז הקטע QP, נכנס בכיוון ניצב לשדה חלקיק שגודל מהירותו v, כמתואר בתרשים. מסת החלקיק $m = 6.6\cdot10^{-27}kg$ ומטענו $q = +3.2\cdot10^{-19}C$.

במהלך תנועתו עובר החלקיק מאזור MNPQ ונכנס לאזור NRSP בניצב לקטע NP.

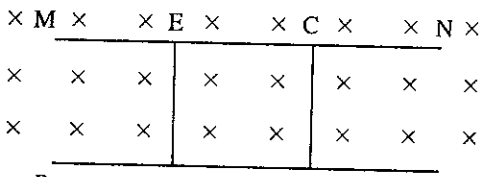
א. העתק את התרשים למחברתך, וציין בו את כיווני השדות המגנטיים בשני האזורים (סמן × עבור שדה הנכנס אל הדף, וסמן • עבור שדה היוצא מהדף). הסבר כיצד קבעת את הכיוונים. (6 נקודות)

ב. הוסף לתרשים שהעתקת את מסלול החלקיק מרגע כניסתו לאזור MNPQ עד רגע צאתו מהאזור NRSP. (8 נקודות)

ג. חשב את v . ($12\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. חשב את פרק הזמן שעבר מרגע הכניסה של החלקיק לאזור MNPQ עד רגע צאתו מהאזור NRSP. (7 נקודות)

.10



לאורכן של שתי מסילות מוליכות ארוכות מאוד ומקבילות, MN ו־ PQ , נעים בלי חיכוך שני מוטות מוליכים, CD ו־ EF , כך שהם ניצבים למסילות (ראה תרשים).

כל המערכת מצויה בשדה מגנטי אחיד B ,

שכיוונו ניצב למישור MNQP (ראה תרשים).

נתון: $CD = EF = 20\ cm$, $B = 0.5\ T$, $R_{CD} = R_{EF} = 1\ \Omega$,

התנגדות המסילות זניחה.

בכל אחד מהמקרים הבאים (סעיפים א - ג) מצא את עוצמת הזרם במוט EF ,

וציין את כיוונו:

א. המוטות CD ו־ EF נעים ימינה במהירות קבועה $v = 5\frac{m}{s}$. נמק את תשובתך.

(8 נקודות)

ב. המוט CD נע ימינה במהירות קבועה $v = 5\frac{m}{s}$, והמוט EF נע שמאלה במהירות קבועה $u = 3\frac{m}{s}$. (15 נקודות)

ג. בין הנקודות M ו־ P מחובר נגד שהתנגדותו $R_o = 2\Omega$, והמוטות CD ו־ EF נעים ימינה במהירות קבועה $v = 5\frac{m}{s}$. ($10\frac{1}{3}$ נקודות)

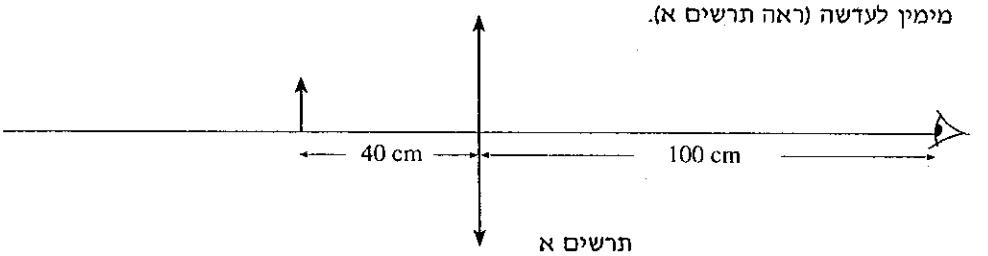
חלק ג' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

.11

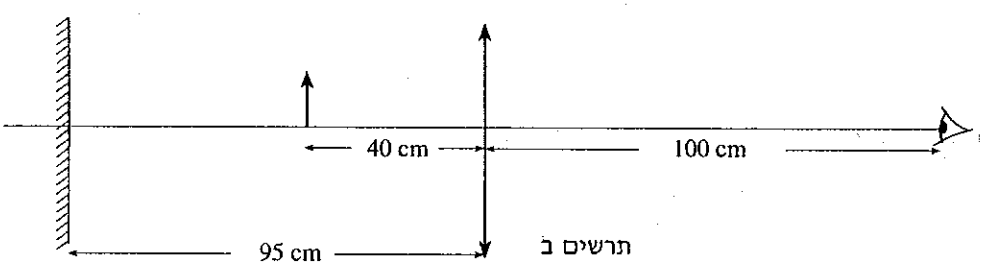
על הציר האופטי של עדשה מרכזת, שרוחק המוקד שלה 50 cm, ניצב נר דולק במרחק 40 cm משמאל לעדשה. גובה הנר 10 cm. עינו של אדם נמצאת על ציר העדשה במרחק 100 cm מימין לעדשה (ראה תרשים א).



תרשים א

א. מצא את המרחק מהעדשה של דמות הנר הנוצרת באמצעות העדשה. (15 נקודות)

ב. חשב את גובה הדמות. (5 נקודות)



תרשים ב

במרחק 95 cm משמאל לעדשה מציבים מראה מישורית (ראה תרשים ב).

ג. מצא את המרחק מהעדשה של דמות הנר הנוצרת כתוצאה מפגיעה בעדשה של הקרניים שמוחזרות מהמראה. (15 נקודות)

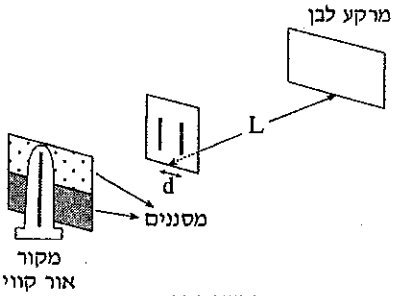
ד. חשב את גובה הדמות שבסעיף ג. (5 נקודות)

ה. איזו משתי הדמויות (סעיף א וסעיף ג) נראית לָאדם גדולה יותר? נמק. (10 נקודות)

.12

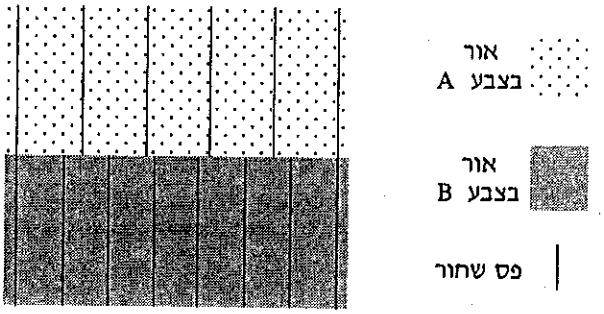
מקור אור לבן וקווי מכוסה בחציו במסנן (פילטר) כחול, ובחציו במסנן אדום.

האור היוצא משני המסננים עובר דרך שני סדקים צרים מאוד, הנמצאים במרחק d זה מזה, ופוגע במרקע לבן הנמצא במרחק $L = 1.2\ m$ מהסדקים (ראה תרשים א).



תרשים א

על המרקע מתקבלת תבנית התאבכות בשני צבעים A ו־ B , כמתואר בתרשים ב.



תרשים ב

א. ידוע כי $\lambda_{\text{כחול}} < \lambda_{\text{אדום}}$. האם צבע A הוא אדום או כחול? נמק. (15 נקודות)

ב. נתון כי אורך הגל של האור האדום גדול ב־ 1840 Å מאורך הגל של האור הכחול.
חשב את אורכי הגל של שני הצבעים. (18 נקודות)

ג. נתון כי רוחב כל פס אור המתקבל בתבנית ההתאבכות של האור הכחול הוא 0.8 cm .
חשב את המרחק בין הסדקים. (7 נקודות)

ד. כל מערכת הניסוי מוכנסת למים. כיצד ישפיע הדבר על רוחב פסי האור בתבנית ההתאבכות המתוארת בתרשים ב ? הסבר. (10 נקודות)

פרק שני – פיסיקה מודרנית

.13

א. סרטט סכמה של 4 רמות האנרגיה הראשונות של אטום המימן. רשום ליד כל רמה את האנרגיה המתאימה לה. (10 נקודות)

ב. חשב את האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית של אטום המימן ברמת היסוד. (10 נקודות)

ג. מהו המקור להבדל בין האנרגיה שחישבת בסעיף ב לבין האנרגיה של רמת היסוד (שחישבת בסעיף א)? (6 נקודות)

ד. אטום מימן יורד מהרמה המעוררת השלישית ($n = 4$) לרמת היסוד. חשב את:

(1) אורך הגל של הפוטון שנפלט. (7 נקודות)

(2) התנע של הפוטון שנפלט. (7 נקודות)

ה. בחישוב הנדרש בסעיף ד לא נדרשת לקחת בחשבון את רתיעת אטום המימן. אם בחישוב אין מזניחים את רתיעת האטום, האם אורך הגל שמתקבל עבור הפוטון הנפלט יהיה קצר מאורך הגל שחישבת בסעיף ד (כלומר, בהזנחת רתיעת אטום המימן) או ארוך ממנו? הסבר. (10 נקודות)

.14

האיזוטופ הרדיואקטיבי רדיום־226 $\left({}^{226}_{88}\mathrm{Ra}\right)$ פולט חלקיק α שהאנרגיה שלו היא 4.59 MeV .
לאחר מכן נפלט פוטון (γ) שהאנרגיה שלו היא 0.187 MeV .

א. מהו מספר הפרוטונים ומהו מספר הנויטרונים של הגרעין שנוצר לאחר פליטת ה־ α ? הסבר. (5 נקודות)

ב. מהו מספר הפרוטונים ומהו מספר הנויטרונים של הגרעין שנוצר לאחר פליטת ה־ γ ? הסבר. (5 נקודות)

ג. חשב את אורך הגל של חלקיק ה־ α . (15 נקודות)

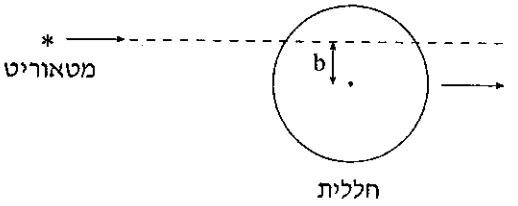
ד. חשב את התנע של חלקיק ה־ γ . (15 נקודות)

ה. מדגם מכיל רדיום־226 , שזמן מחצית החיים שלו הוא 1600 שנה. חשב את אחוז גרעיני האיזוטופ רדיום־226 שיישארו במדגם לאחר 400 שנה. (10 נקודות)

פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

.15

חללית בצורת כדור (אחיד), שרדיוסו $R = 60\ cm$, נעה בחלל. לפתע פוגע בה מטאוריט קטן, חודר לתוכה, חולף דרכה בקו ישר המקביל לכיוון מהירותה, במרחק $b = 30\ cm$ ממרכזה (ראה תרשים), ויוצא מעברה השני. (מסת החללית ומומנט ההתמדה שלה אינם משתנים בעקבות ההתנגשות.)



כתוצאה מן ההתנגשות גדלה מהירות החללית ב־ $2000\ \frac{m}{s}$ בלי שכיוונה השתנה, והחללית גם החלה להסתובב סביב צירה.

א. חשב בכמה פחתה מהירות המטאוריט כתוצאה מן ההתנגשות, אם מסתו קטנה פי 10 ממסת החללית. (10 נקודות)

ב. חשב את תדירות הסיבוב של החללית. (20 נקודות)

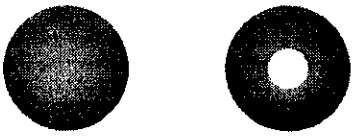
ג. מה היתה תדירות הסיבוב של החללית, אילו המטאוריט היה חולף דרך מרכזה ($b = 0$) ? (10 נקודות)

ד. נסמן ב־ E_1 את סכום האנרגיה הקינטית של המטאוריט ושל החללית לפני ההתנגשות, וב־ E_2 את סכום האנרגיה הקינטית של המטאוריט ושל החללית (כולל האנרגיה הקינטית הסיבובית) אחרי ההתנגשות.

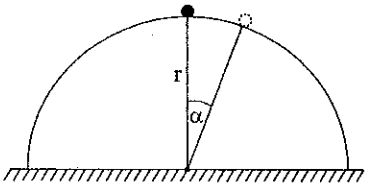
קבע, בלי לחשב, אם E_2 קטן מ־ E_1 , גדול ממנו או שווה לו. <u>הסבר</u>. (10 נקודות)

.16

נתונים שני כדורים העשויים מחומרים שונים.
(בכל כדור צפיפות החומר היא אחידה.)
מסת כל אחד מהם היא m, ורדיוס כל אחד מהם הוא R. אחד הכדורים מלא ואילו לשני חור במרכזו, כמתואר בתרשים.



כדור עם חור כדור מלא



א. משחררים (ממצב מנוחה) את אחד הכדורים מראש כיפה כדורית שרדיוסה r (r >>R). הכדור מתגלגל בלי החלקה (ראה תרשים).
בטא את מהירותו הקווית של הכדור באמצעות I (מומנט ההתמדה של הכדור), m, R, r ו־α (ראה תרשים). (20 נקודות)

ב. הוכח כי הזווית α_{max}, שבה ניתק הכדור מהכיפה, מקיימת: $\cos\alpha_{max} = \dfrac{2}{3 + \dfrac{I}{mR^2}}$
(15 נקודות)

ג. משחררים כל אחד מהכדורים מראש הכיפה הכדורית.
האם הזווית שבה יינתק הכדור עם החור, תהיה קטנה מהזווית שבה יינתק הכדור המלא, גדולה ממנה או שווה לה? נמק. (15 נקודות)

פרק רביעי - זרם חילופין

שים לב: המתחים והזרמים נתונים בערכים אפקטיביים.

.17

למקור מתח חילופין בעל מתח של 24 V ותדירות 50 Hz חוברו בטור קבל וסליל לא אידאלי. המתח על הסליל הוא 17.13 V והזרם דרכו הוא 0.23 A .
ידוע גם כי התנגדותו (האומית) של הסליל היא 40 Ω .

א. (1) חשב את המתח V_C על הקבל. (15 נקודות)
(2) חשב את זווית המופע בין מתח המקור V לזרם I במעגל. (10 נקודות)

ב. קבע אם תדירות המקור גדולה או קטנה מתדירות התהודה של המעגל.
נמק את קביעתך, בלי לחשב את תדירות התהודה. (10 נקודות)

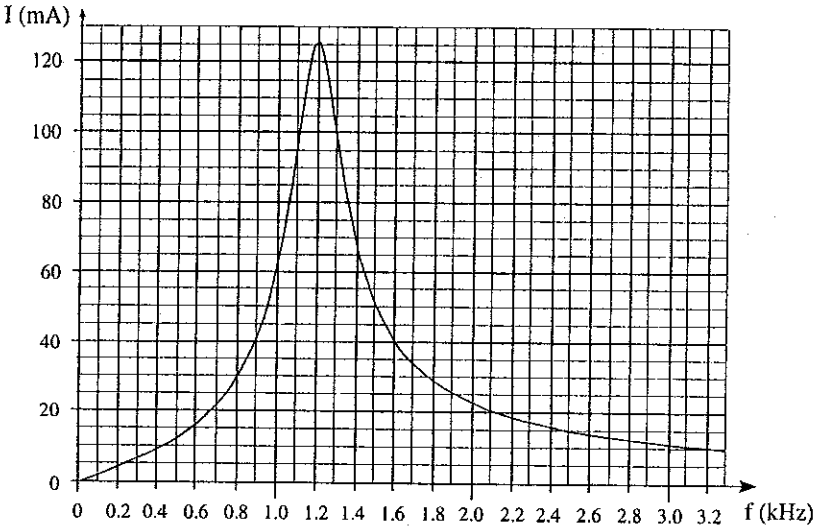
מפרקים את המעגל הקודם, ובונים מן הרכיבים מעגל מקבילי. כלומר, הסליל והקבל מחוברים זה לזה במקביל.

ג. חשב את הזרם דרך הסליל. (10 נקודות)

ד. חשב את הקצב (הממוצע) של התחממות הסליל (ביחידות וט). (5 נקודות)

.18

למקור מתח חילופין, בעל מתח של 24 V ותדירות הניתנת לשינוי, מחברים בטור קבל, סליל לא אידאלי ונגד שהתנגדותו 120 Ω . משנים את תדירות המקור f , ומודדים את עוצמת הזרם I במעגל. התוצאות מופיעות בגרף שלפניך. שים לב שהזרם נמדד ביחידה של mA והתדירות ביחידה של kHz .



א. בהסתמך על הגרף חשב את:

(1) עוצמת הזרם כאשר הספק המעגל הוא חצי מההספק המקסימלי. (10 נקודות)

(2) גורם האיכות Q של המעגל. (10 נקודות)

ב. חשב את:

(1) התנגדות הסליל. (5 נקודות)

(2) קיבול הקבל. (5 נקודות)

(3) השראות הסליל. (5 נקודות)

ג. מחליפים את הסליל במעגל בסליל אידאלי בעל אותה השראות. איזו מבין האפשרויות 1-4 מתארת את השינויים שיחולו בזרם המקסימלי I_{max} ובגורם האיכות Q ? נמק את קביעתך.

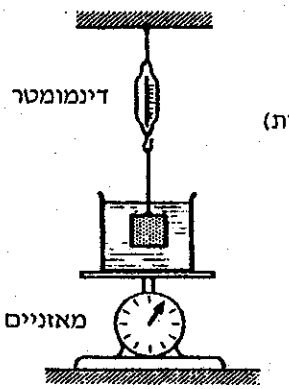
1. I_{max} גדל ו־Q גדל.
2. I_{max} גדל ו־Q קטן.
3. I_{max} קטן ו־Q גדל.
4. I_{max} קטן ו־Q קטן.

(15 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים

.19

כוס (ריקה), שעליה מסומנות שנתות המציינות נפחים, מונחת על מאזניים, והמאזניים מורים 2 N . מוזגים לכוס נוזל, עד שפני הנוזל בכוס מגיעים לשֶׁנֶת של $30\ cm^3$.
המאזניים מורים עתה 2.3 N . גוף תלוי על דינמומטר (מאזני קפיץ), והדינמומטר מורה 0.27 N . מכניסים לנוזל את הגוף התלוי על הדינמומטר, כך שהוא אינו נוגע בקרקעית הכוס (ראה תרשים). פני הנוזל מגיעים עתה לשֶׁנֶת של $40\ cm^3$.



א. חשב את צפיפות הגוף ואת צפיפות הנוזל. (10 נקודות)

ב. הסבר מדוע פועל כוח עילוי על הגוף הטבול בנוזל. (10 נקודות)

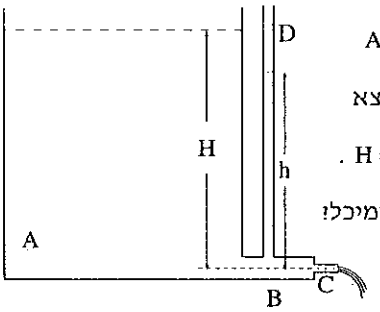
ג. חשב מה מורה הדינמומטר (במצב המתואר בתרשים).

(15 נקודות)

ד. האם המאזניים (במצב המתואר בתרשים) מורים 2.3 N ?
אם כן — הסבר. אם לא — חשב מה מורים המאזניים, והסבר. (15 נקודות)

.20

מיכל A המתואר בתרשים פתוח לאוויר. שטח החתך של צינור B הוא $1\ cm^2$, של צינור C הוא $0.2\ cm^2$ ושל המיכל A גדול מאוד בהשוואה אליהם. במיכל A נמצא נוזל אידאלי (נעדר צמיגות) בגובה $H = 0.6\ m$.



א. מהי הספיקה (קצב יציאת הנוזל) מן המיכל? (20 נקודות)

ב. מה מהירות הזרימה בצינור B ? (15 נקודות)

ג. מהו הגובה h של הנוזל בצינורית D ? (צינורית זו פתוחה לאוויר.) (15 נקודות)

פרק שישי - תרמודינמיקה

.21

א. מדוע בגז אידאלי קיבול החום המולרי בלחץ קבוע (c_p) גדול תמיד מקיבול החום המולרי בנפח קבוע (c_v) ? הסבר. (10 נקודות)

ב. בהסתמך על חוקי התרמודינמיקה, הוכח כי בין קיבולי החום המולריים של גז אידאלי מתקיים הקשר: $c_p - c_v = R$ (10 נקודות)

כלי שנפחו 2 ליטר מכיל 0.832 גרם של גז בטמפרטורה $20^\circ C$ ובלחץ 5 אטמוספרות. מספקים לגז כמות חום של 994.6 ג'ול, ועקב כך עולה לחץ הגז בכלי ל- 7 אטמוספרות. הנח שהתהליך מתבצע בנפח קבוע ושאין הפסדי חום לסביבה.

ג. חשב את קיבול החום המולרי בנפח קבוע (c_v) של הגז. (15 נקודות)

ד. חשב את המסה המולרית של הגז. (15 נקודות)

.22

א. מזגנים, המשמשים לקירור בתים בקיץ, יכולים לשמש גם לחימום הבתים בחורף. הסבר עובדה זו. (15 נקודות)

ב. כדי לשמור על טמפרטורה של $25^\circ C$ בדירה מסוימת, כאשר הטמפרטורה מחוץ לדירה היא $5^\circ C$, צריכים לספק לדירה חום בקצב של $15\ kW$.

מהו ההספק של האנרגיה החשמלית שיצרוך מזגן המספק חום בקצב זה, אם מניחים שהוא פועל כמכונת חום אידאלית? (25 נקודות)

ג. הסבר כיצד מתיישבת תשובתך לסעיף ב עם חוק שימור האנרגיה. (10 נקודות)

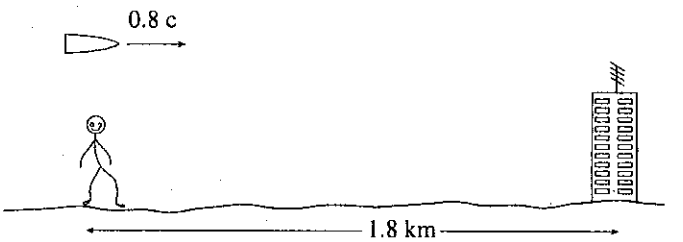
פרק שביעי – יחסות פרטית

.23

המאורעות הבאים מתוארים כולם ביחס למערכת הייחוס של צופה הניצב על הקרקע.

חללית נעה במהירות $v = 0.8\,c$ ביחס לצופה, וחולפת ברגע מסוים מעל ראשו.

כעבור $7.5\times10^{-6}\,s$ היא חולפת מעל בניין הנמצא במרחק $1.8\,km$ מן הצופה.



א. לצורך חישוב המרחק בין הצופה לבניין, כפי שנמדד על־ידי טייס החללית, יש להשתמש במשוואה:

$$\ell = \ell_o\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

(1) האם יש להציב $\ell_o = 1.8\,km$ ולחשב את ℓ, או יש להציב $\ell = 1.8\,km$ ולחשב את ℓ_o ? הסבר. (15 נקודות)

(2) חשב את המרחק בין הצופה לבניין, כפי שנמדד על־ידי טייס החללית. (5 נקודות)

ב. לצורך חישוב הזמן שחולף מן הרגע שהחללית נמצאת מעל הצופה עד לרגע שהחללית נמצאת מעל הבניין, כפי שנמדד על־ידי טייס החללית, יש להשתמש במשוואה:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

(1) האם יש להציב $\Delta t_o = 7.5\times10^{-6}\,s$ ולחשב את Δt, או יש להציב $\Delta t = 7.5\times10^{-6}\,s$ ולחשב את Δt_o ? הסבר. (15 נקודות)

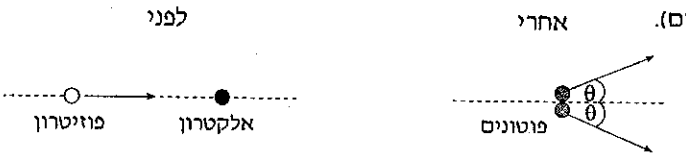
(2) חשב את הזמן, שחולף מן הרגע שהחללית נמצאת מעל הצופה עד לרגע שהחללית נמצאת מעל הבניין, כפי שנמדד על־ידי טייס החללית. (5 נקודות)

ג. האם ערך המכפלה של הזמן, שמצאת בסעיף ב (2), במהירות החללית $(0.8\,c)$ שווה למרחק שמצאת בסעיף א (2)? הסבר. (10 נקודות)

.24
פוזיטרון (אנטי אלקטרון) פוגע באלקטרון הנמצא במנוחה, וכתוצאה מכך הפוזיטרון והאלקטרון נעלמים ונוצרים שני פוטונים.

א. הסבר מדוע לא ייתכן שכתוצאה מן התהליך יופיע פוטון אחד בלבד. (15 נקודות)

כיווני התנועה של שני הפוטונים הנוצרים סימטריים ביחס לכיוון תנועת הפוזיטרון הפוגע (ראה תרשים).



ב. הראה כי לשני הפוטונים אותה אנרגיה. (15 נקודות)

ג. חשב את הזווית θ הנוצרת בין כיוון התנועה של כל פוטון לבין כיוון התנועה של הפוזיטרון, אם ידוע כי לכל פוטון אנרגיה של $2\ MeV$. (20 נקודות)

פרק שמיני - אסטרופיסיקה

.25
מקור האנרגיה של השמש הוא ראקציות גרעיניות. בכל ראקציה כזאת הופכים 4 גרעיני מימן לגרעין הליום, ^4He, ומשתחררת אנרגיה של $27\ MeV$ $\left(4.3\times10^{-12}\ J\right)$. על כל גרעין הליום נוצרים גם שני חלקיקי נויטרינו הנפלטים מיד מן השמש. הספק הקרינה הנפלטת מן השמש כיום הוא: $L_{\odot} = 3.8\times10^{26}\ W$.

א. (1) חשב את קצב יצירת חלקיקי הנויטרינו בשמש (כלומר, מספר החלקיקים הנוצרים בשנייה). (15 נקודות)

(2) חשב את שטף חלקיקי הנויטרינו המגיעים מן השמש אל כדור הארץ (כלומר, מספר החלקיקים הפוגעים בשטח של $1\ m^2$ בפרק זמן של $1\ s$). (15 נקודות)

ב. אם ידוע כי גיל השמש הוא 4.5×10^9 שנים, ובהנחה שהספק הקרינה שלה היה קבוע ושווה לערכו כיום, חשב את המסה של הליום שהצטברה בשמש במהלך חייה.
(10 נקודות)

ג. כאשר המסה של ההליום המצטבר בשמש כתוצאה מן הראקציות הגרעיניות תגיע לכ- 10% ממסת השמש, ישתנה מהלך חייה באופן קיצוני. בהנחה שהספק הקרינה נשאר קבוע, חשב כמה שנים נותרו לשמש להמשיך במהלך חייה הנוכחי. (10 נקודות)

.26

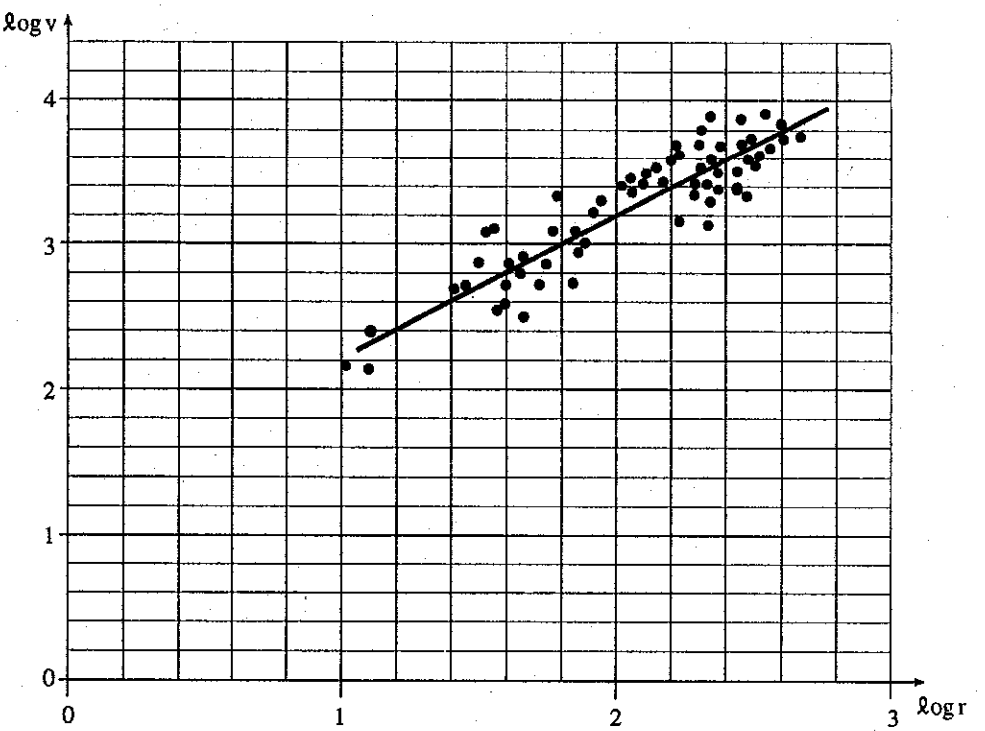
א. לצורך אימותו של חוק הָבֶל יש למדוד מהירויות של גלקסיות.

תאר והסבר בקצרה כיצד מודדים מהירויות של גלקסיות. (15 נקודות)

בתרשים שלפניך מתואר $\log v$ כנגד $\log r$. v — מהירויות הגלקסיות ב־ $\frac{km}{s}$;

r — מרחקי הגלקסיות במיליוני שנות אור ($M\ell y$). קו ישר במערכת צירים זו מתאר

קשר בין v ל־ r המיוצג על־ידי המשוואה $v = A r^p$, כאשר A ו־ p קבועים חיוביים.



ב. (1) הראה כי מן הקו הישר שבתרשים נובע שהיחס בין v ל־ r הוא אכן יחס ישר,

כלומר $p = 1$. (15 נקודות)

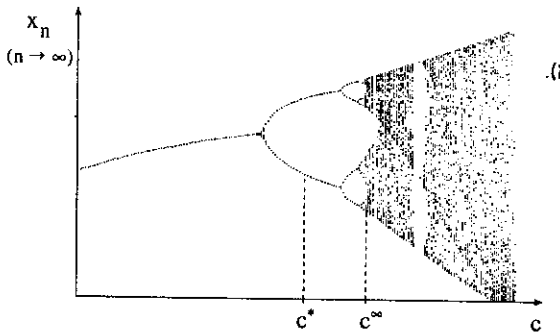
(2) חשב בעזרת הגרף את קבוע הבל ביחידות $km \cdot s^{-1} \cdot M\ell y^{-1}$. (10 נקודות)

(3) הערך בעזרת התוצאה של תת־סעיף (2) את גיל היקום. הסבר. (10 נקודות)

פרק תשיעי - כאוס

.27

בתרשים א מיוצג המושך של משפחת המיפויים $c\cos(\pi x)$.



תרשים א

א. יהיה $x_{n+1} = c\cos(\pi x_n)$

ל- $c = c^*$ (ראה c^* בתרשים א).

ערוך גרף של $x_n(n)$.

<u>פרט את שיקוליך</u>. (12 נקודות)

ב. בתרשים ב מיוצג הגרף של

$f(x) = c^*\cos(\pi x)$

(ראה c^* בתרשים א).

(1) האם ניתן לזהות נקודות שבת בגרף? אם כן — היכן נמצאות נקודות אלה?

אם לא — <u>נמק</u>. (8 נקודות)

(2) האם תשובתך לתת־סעיף (1) עומדת בסתירה לתרשים א? <u>הסבר</u>. (7 נקודות)

ג. יהיה $c_4 = 0.6263$ הערך של c,

שבו המושך הופך ממסלול מחזורי

מסדר 8 למסלול מחזורי

מסדר 16 . יהיה $c_5 = 0.6280$

הערך של c , שבו המושך הופך

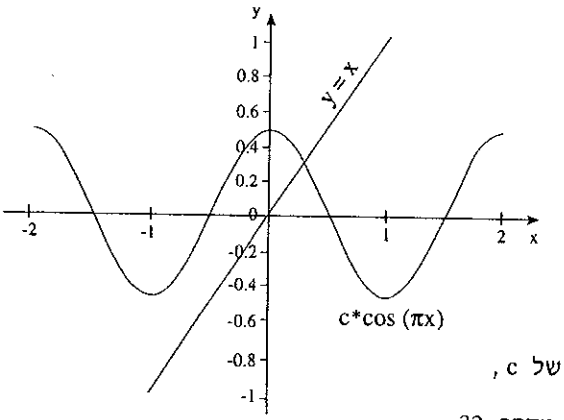
ממסלול מחזורי מסדר 16

למסלול מחזורי מסדר 32 .

מהו הערך של c_6 , כלומר הערך של c ,

שבו המושך הופך ממסלול מחזורי מסדר 32

למסלול מחזורי מסדר 64 ? <u>נמק</u>. (13 נקודות)



תרשים ב

ד. עבור $c > c^\infty$ מושך המיפוי הוא כאוטי. האם קיימים באזור זה ערכים של c

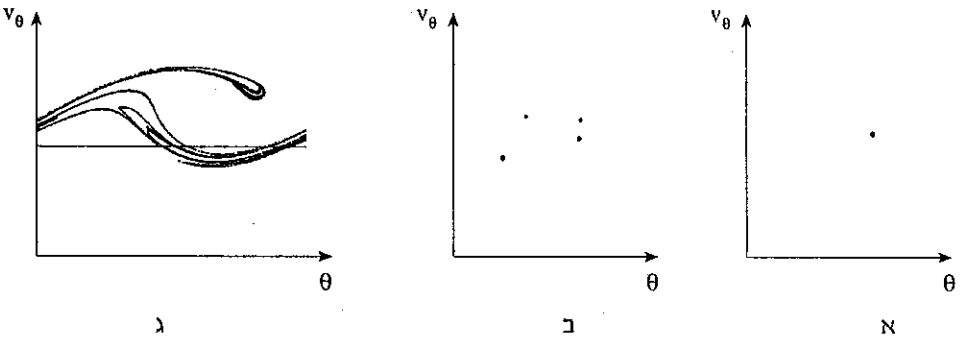
שעבורם המושך הוא מסלול מחזורי? אם כן — אילו מהם ניתן לראות בתרשים א?

אם לא — <u>נמק</u>. (10 נקודות)

.28

מטוטלת מרוסנת מאולצת על־ידי הזזת נקודת התלייה מעלה-מטה בתנועה מחזורית שזמן המחזור שלה הוא T .

כל T שניות מודדים את הזווית θ ואת המהירות הזוויתית v_θ , ומקבלים את סדרת הערכים $(\theta_0 , v_{\theta_0}) , (\theta_1 , v_{\theta_1}) , \dots , (\theta_i , v_{\theta_i}) , \dots$. התרשים שלפניך מייצג מדידות במרחב המופע עבור שלושה מקרים שונים — א, ב, ג (המדידות הראשונות לא נרשמו).



א. בכל אחד מהמקרים א, ב, ג שבתרשים, תאר את אופי התנועה של המטוטלת. נמק.

(24 נקודות)

ב. באילו מן המקרים א, ב, ג שבתרשים ניתן להניח שקיימת "רגישות לתנאי ההתחלה"?

הסבר את המונח, ונמק את תשובתך. (13 נקודות)

ג. נניח שמעריך ליאפונוב בתנועה הכאוטית של המטוטלת הוא $\lambda = 0.3 \frac{1}{s}$.

נניח שאי־הדיוק בזווית ההתחלתית הוא 10^{-5} רדיאנים = $\Delta\theta_0$.

במשך כמה זמן נוכל לחזות את הזווית של המטוטלת, אם מסתפקים בדיוק של 0.1 רדיאנים? (13 נקודות)

מעבדת חקר - חקירת תנודות של גוף המחובר לקצה פס פלדה

לרשותך הציוד הבא:

1. **פס פלדה**

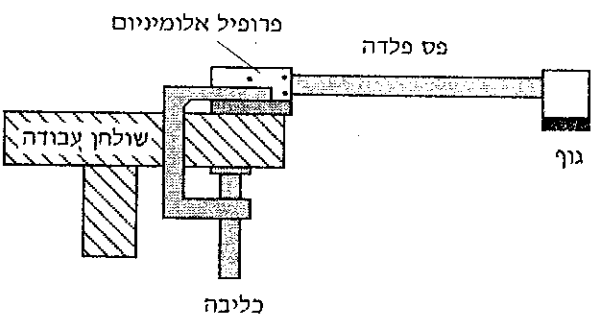
לקצה אחד של פס הפלדה מחובר גוף. הגוף מורכב משתי קופסאות, שבתחתית כל אחת מהן מודבקת דיסקית. לקצה השני של פס הפלדה מחובר פרופיל אלומיניום.

2. **18 דיסקיות זהות**
3. **כליבה**
4. **שעון עצר (סטופר)**
5. **סרגל**

חלק ראשון: הרכבת מערכת הניסוי (10 נקודות)

הדק, באמצעות כליבה, את פרופיל האלומיניום (המחובר לפס הפלדה) לקצה שולחן העבודה, כמתואר בתרשים.

את הקופסאות, בקצה השני של פס הפלדה, סובב כך שפתחיהן יופנו כלפי מעלה.



חלק שני: ביצוע הניסוי (30 נקודות)

בניסוי זה עליך לחקור את הקשר בין זמן המחזור של תנודות גוף המחובר לקצה פס הפלדה לבין מספר הדיסקיות בקופסאות.

התייחס אל הדיסקיות המודבקות לקופסאות כאילו הן חלק מהגוף.

1. הכנס דיסקית אחת לכל קופסה. הסט את פס הפלדה ממצב שיווי־משקל ושחרר אותו. כדי לדעת מהו זמן המחזור של תנודה אחת, מדוד את משך הזמן של מספר תנודות. רשום את תוצאות המדידה בטבלת התוצאות.
חשב את זמן המחזור, T , של תנודה אחת ורשום אותו במקום המתאים בטבלה.
2. הסבר מדוע רצוי למדוד את הזמן של מספר תנודות ולא של תנודה אחת.

טבלת תוצאות

מספר הדיסקיות, N, שהכנסת לקופסאות	מספר התנודות, n	משך הזמן של n התנודות ביחידות	זמן המחזור, T ביחידות	ריבוע זמן המחזור, T^2 ביחידות .....

3. הכנס לכל קופסה אותו מספר דיסקיות (לפי בחירתך) ובצע שוב את המדידה המתוארת בסעיף 1 . רשום את תוצאות המדידה בטבלה.
4. בצע שוב את המדידה, המתוארת בסעיף 3 , כמה פעמים; בכל פעם — עבור מספר שונה של דיסקיות. רשום את תוצאות המדידות בטבלה.

חלק שלישי: ניתוח תוצאות, מסקנות ושאלות (60 נקודות)

5. השלם בטבלה את זמן המחזור (T) , את ריבוע זמן המחזור (T^2) ואת היחידות במקומות המתאימים.

סרטט גרף המתאר את ריבוע זמן המחזור (T^2) כפונקציה של מספר הדיסקיות N , שהכנסת לקופסאות (N אינו כולל את שתי הדיסקיות המודבקות בתחתית הקופסאות).

סרטט את הגרף באמצעות מחשב או על הנייר המילימטרי שלפניך (בעמוד 8 יש נייר מילימטרי נוסף; תוכל להשתמש בו, במקרה הצורך).

אם סרטטת באמצעות מחשב, הדבק מדבקות נבחן על דפי הפלט וצרף אותם לשאלון.

דפי הפלט כוללים את הגרף שסרטטת ואת נתוני הטבלה, שהכנסת לגיליון האלקטרוני.

6. מהם שיעורי הנקודה, שבה הגרף שסרטטת חותך את הציר האנכי (הציר של ריבוע זמן המחזור)?

_____

מהי המשמעות הפיזיקלית של שיעורי הנקודה הזאת? הסבר.

_____

_____

_____

_____

7. איזו מדידה עליך לערוך, כדי לאמת את המסקנה הנובעת מהתשובה לסעיף 6 ?
בצע את המדידה, רשום את תוצאותיה והשווה לתשובתך לסעיף 6 .

8. מהם שיעורי הנקודה, שבה הגרף שסרטטת חותך את הציר האופקי (הציר של מספר הדיסקיות)? _____
מהי המשמעות הפיזיקלית של שיעורי הנקודה הזאת? הסבר.

9. בהנחה שתנועת פס הפלדה עם הדיסקיות היא הרמונית פשוטה, ושהמסה של כל דיסקית היא 9.5 gr , חשב את הקבוע של הכוח המחזיר, k , של תנועה הרמונית זו. פרט את חישוביך.

10. רוקן את הקופסאות מהדיסקיות שהוספת, הכנס דיסקית אחת בלבד לכל קופסה.
הסט את פס הפלדה ממצב שיווי־משקל ושחרר אותו, פעם **במשרעת קטנה מאוד** ופעם **במשרעת גדולה**. שים לב, כי באחד המצבים הדיסקית אינה נעה יחסית לקופסה, ובמצב השני היא נעה ומקישה על דפנות הקופסה. הסבר מדוע.

תשובות סופיות - 1996

1. א. 16 שניות. ב. $a_1 = 2\frac{m}{sec^2}$; $a_2 = 0$ $a_3 = -1.25\frac{m}{sec^2}$; $a_4 = 1\frac{m}{sec^2}$
ג. הגוף לא חוזר לנקודת המוצא. ו. $a = -1.25\,m/sec^2$
2. א. $t = 0.6\,sec$ ג. התאוצה הולכת וגדלה.
3. א. $v_\alpha = \sqrt{g\cdot L\cdot[1-\cos(\alpha)]}$ ג. פרבולה
4. א. $d = \frac{Mg}{k}$ ב. $v - u = \frac{A}{m}\cdot\sqrt{M\cdot k}$
5. א. $h = 9\cdot10^5\,m$ ב. $g = 7.51\frac{m}{sec^2}$ ג. $h_{max} = 4.47\cdot10^6\,m$
ד. $F = 0$ (2) $F = 55\,N$ (1)
6. ד. $q = 2.96\cdot10^{-7}\,C$
7. ד. $R = 9\,\Omega$
8. א. אל תוך הדף. ב. $B = 1.77\cdot10^{-5}\,T$ ג. $B_E = 2.5\cdot10^{-5}\,T$
ד. לא תהיה סטיה.
9. ג. $v = 1.2\cdot10^7\frac{m}{sec}$ ד. $t = 2.6\cdot10^{-8}\,sec$
10. א. אין זרם במוט. ב. $I = 0.4\,A$ ג. $I_1 = 0.1\,A$; $I_2 = 0.1\,A$; $I_3 = 0.2\,A$
11. א. $v = -200\,cm$ ב. $H_i = 50\,cm$ ג. $v = 75\,cm$ ד. $H_i = -5\,cm$
ה. הדמות הראשונה גדולה פי 10
12. א. A אדום. ב. $\lambda_1 = 6440\,Å$; $\lambda_2 = 4600\,Å$ ג. $d = 6.9\cdot10^{-5}\,m$
ד. רוחב הפס קטן.
13. ב. $E_p = -27.2\,eV$ ג. האנרגיה הקינטית.
ד. (1) $\lambda = 972.55\,Å$ (2) $P_{ph} = 6.8\cdot10^{-27}\frac{kg\cdot m}{sec}$
ה. אורך הגל שלו גדול יותר.
14. א. 86 פרוטונים ו-222 נוקליאונים. ב. ללא שינוי ג. $\lambda = 6.69\cdot10^{-15}\,m$
ד. $p = 1\cdot10^{-32}\frac{kg\cdot m}{sec}$ ה. 84%
15. א. $20{,}000\,m/sec$ ב. $f = 397.89\,Hz$ ג. $\omega = 0$ ד. $E_1 > E_2$
16. א. $v = \sqrt{\frac{2\cdot g\cdot r\cdot[1-\cos(\alpha)]}{\frac{I}{m\cdot r^2}+1}}$ ג. גדולה
17. א. (1) $U_C = 36.62\,V$ (2) $\alpha = -67.46^0$ ב. קטנה מתדירות התהודה.
ג. $I_L = 0.32\,A$ ד. $P = 4.15\,W$
18. א. (1) $I = 88.39\,mA$ (2) $Q = 6$
ב. (1) $R_L = 72\,\Omega$ (2) $C = 1.15\cdot10^{-7}\,F$ (3) $L = 0.15\,H$
ג. אפשרות 1
19. א. $\rho_1 = 0.001\frac{kg}{cm^3}$ $\rho_2 = 0.0027\frac{kg}{cm^3}$ ג. $D = 2.6\,N$ ד. לא
20. א. $Q = 6.9\cdot10^{-5}\frac{m^3}{sec}$ ב. $v_B = 0.69\frac{m}{sec}$ ג. $h = 0.576\,m$

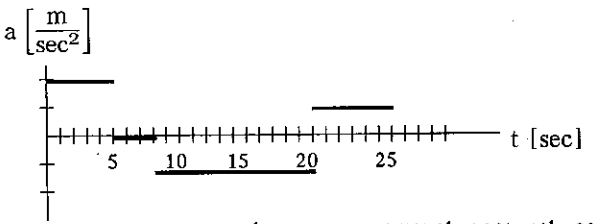
פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. הגוף משנה את כיוון מהירותו בכל פעם שהסימן של המהירות משתנה.
המהירות הופכת מחיובית לשלילית לאחר 16 שניות של תנועה.

ב. חישוב התאוצה בכל שלב נעשה ע"י חישוב שיפוע הגרף.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \implies a_1 = \frac{10-0}{5-0} = 2\frac{m}{sec^2} \;;\; a_2 = \frac{10-10}{8-5} = 0 \;;$$

$$a_3 = \frac{-5-10}{20-8} = -1.25\frac{m}{sec^2} \;;\; a_4 = \frac{0-(-5)}{25-20} = 1\frac{m}{sec^2}$$



ג. הגוף לא חוזר לנקודת המוצא. כל זמן שהמהירות חיוב ית הגוף מרחק מנקודת המוצא ורק בשלב בו המהירות שלילית (לאחר 16sec) הוא מתחיל לחזור. כדי שהגוף יגיע חזרה לנקודת המוצא, השטח הכלוא מתחת ציר ה-X חייב להיות שווה לשטח הכלוא מעל הציר.
(1)

	פרק הזמן	כיוון המהירות	כיוון התאוצה	כיוון הכוח השקול
ד.	$0 < t < 5$ sec	ימינה	ימינה	ימינה
ה.	$5 < t < 8$ sec	ימינה	---	---
	$8 < t < 16$ sec	ימינה	שמאלה	שמאלה
	$16 < t < 20$ sec	שמאלה	שמאלה	שמאלה
	$20 < t < 25$ sec	שמאלה	ימינה	ימינה

כיוון התאוצה וכיוון הכוח השקול הם תמיד באותו הכיוון.
כיוון המהירות נקבע על פי סימנה. חיובית - ימינה , שלילית - שמאלה.
כיוון התאוצה נקבע ע"פ שיפוע הגרף.
(2) התאוצה תהיה שווה מכיוון שהמעלית היא מערכת אינרציאלית שנעה במהירות קבועה וחוקי ניוטון זהים בכל המערכות האינרציאליות.

ו. בכל הקטע מ- $t=8$ sec ל- $t=20$ sec תאוצת הגוף היא $a = -1.25\,m/sec^2$

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. (1) נחשב את תאוצת המערכת על ידי הסתכלות על כל המערכת כגוף אחד (מותר לעשות זאת כי תאוצת הגופים זהה):

$$\Sigma F = (\Sigma m)\cdot a$$

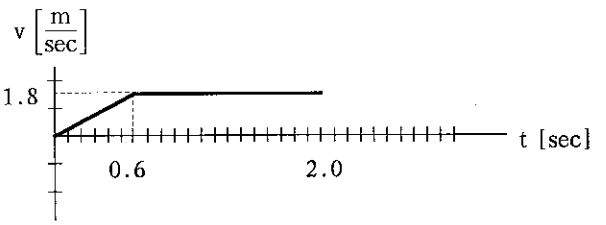
$$m_B\cdot g = (m_A + m_B)\cdot a \implies a = \frac{m_B}{m_A + m_B}\cdot g = \frac{0.6}{1.4 + 0.6}\cdot 10 = 3\frac{m}{sec^2}$$

התנועה היא תנועה שוות תאוצה: $v_0=0\ ;\ a = 3\,m/sec^2\ ;\ \Delta x=0.54\,m$

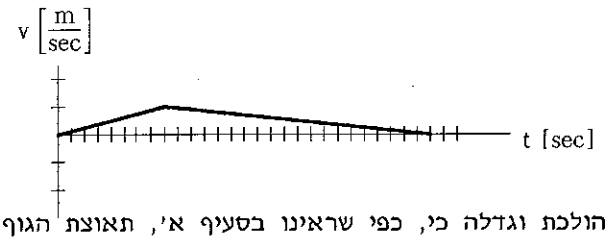
$$\Delta x = v_0\cdot t + \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 \underset{(v_0=0)}{\Longrightarrow} t = \sqrt{\frac{2\cdot\Delta x}{a}} = \sqrt{\frac{2\cdot 0.54}{3}} = 0.6\,sec$$

(2) המהירות ברגע הפגיעה בקרקע היא:

$$v = v_0 + a\cdot t = 0 + 3\cdot 0.6 = 1.8\frac{m}{sec}$$



ב. השיקולים בשרטוט הגרף: תאוצת הגופים נמוכה יותר, הזמן עד לפגיעת המסה בקרקע ארוך יותר, המסה על השולחן נעצרת בהשפעת החיכוך.



ג. התאוצה הולכת וגדלה כי, כפי שראינו בסעיף א', תאוצת הגוף ניתנת בביטוי: $a = \frac{m_B}{m_A + m_B}\cdot g$. מאחר והמסה m_B (כולל החוט שבמצב אנכי) הולכת וגדלה בעוד המסה m_A (כולל החוט שבמצב אופקי) הולכת וקטנה הביטוי לתאוצה הולך וגדל.

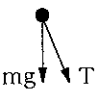
פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. נמצא את המהירות משיקולי אנרגיה. נבחר את מישור היחוס לחישוב האנרגיה הפוטנציאלית הכובדית בנקודה הנמוכה ביותר.

$$m\cdot g\cdot L = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_\alpha^2 + m\cdot g\cdot\frac{L}{2}\cdot[1 + \cos(\alpha)]$$

$$v_\alpha = \sqrt{g\cdot L\cdot[1 - \cos(\alpha)]}$$

ב. הכוחות הפועלים על הכדור הם:



משוואת הכוחות כלפי מרכז הסיבוב היא: $\Sigma F_R = m\cdot a_R = m\cdot\frac{v^2}{R}$

$$mg\cdot\cos(\alpha) + T = m\cdot\frac{v^2}{L}$$

ברגע בו המתיחות מתאפסת מתקיים הקשר: $mg\cdot\cos(\alpha) = m\cdot\frac{v^2}{L}$

נציב את הביטוי למהירות שמצאנו בא' (המתקיים בכל נקודה):

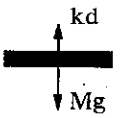
$$mg\cdot\cos(\alpha) = m\cdot\frac{v^2}{L/2} = m\cdot\frac{g\cdot L\cdot[1-\cos(\alpha)]}{L/2}$$

$$\cos(\alpha) = 2 - 2\cdot\cos(\alpha) \implies \cos(\alpha) = \frac{2}{3}$$

ג. כאשר המתיחות בחוט היא אפס תנועת הגוף היא פרבולה כי היא תנועה בהשפעת כוח הכובד.

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. הכוחות הפועלים על הלוח הם:



מכיוון שהמערכת בשיווי משקל מתקיים:

$$\Sigma F_Y = 0 \implies Mg = kd \implies d = \frac{Mg}{k}$$

ב. מאחר ומתוארת התנגשות בין גופים נשמר התנע הקווי.
מהירות הלוח ברגע ההתנגשות היא המהירות המכסימלית בתנועה הרמונית:

$$v_{max} = \omega\cdot A = \sqrt{\frac{k}{M}}\cdot A$$

$$m\cdot v + M(-v_{max}) = m\cdot u + M\cdot 0$$

$$v - u = \frac{M}{m}\cdot v_{max} = \frac{M}{m}\cdot\sqrt{\frac{k}{M}}\cdot A = \frac{A}{m}\cdot\sqrt{M\cdot k}$$

ג. עצירה מוחלטת יכולה להיות רק בנקודת שיווי המשקל בה התאוצה שווה לאפס. בכל נקודה אחרת, התאוצה תגרום לגוף הנמצא במהירות אפס להתחיל בתנועה.

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. התנועה היא תנועה בתאוצה קבועה:

$$v_0=0\ ;\ a = 20\frac{m}{sec^2}\ ;\ t = 300\,sec\ ;\ \Delta x = ?$$

$$h = \Delta x = v_0\cdot t + \frac{a}{2}\cdot t^2 = \frac{20}{2}\cdot 300^2 = 9\cdot 10^5\,m$$

ב. $g = \frac{G\cdot M}{R^2} = \frac{G\cdot M}{(R_E + h)^2} = \frac{6.67\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}}{(6.4\cdot 10^6 + 9\cdot 10^5)^2} = 7.51\frac{m}{sec^2}$

ג. נשתמש בשיקולי אנרגיה. נסמן את הנקודה בה אזל הדלק ב-A.
המהירות בנקודה A היא:

$$v_A = v_0 + a\cdot t = 0 + 20\cdot 300 = 6\cdot 10^3\frac{m}{sec}$$

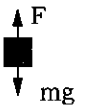
$$-\frac{G\cdot M\cdot m}{h + R_E} + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_A^2 = -\frac{G\cdot M\cdot m}{h_{max} + R_E} \implies h_{max} = \left[\frac{1}{h + R_E} - \frac{v_A^2}{2\cdot G\cdot M}\right]^{-1} - R_E$$

$$h_{max} = \left[\frac{1}{9\cdot 10^5 + 6.4\cdot 10^6} - \frac{(6\cdot 10^3)^2}{2\cdot 6.67\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}}\right]^{-1} - 6.4\cdot 10^6 = 4.47\cdot 10^6\,m$$

ד. (1) רגע לפני שאזל הדלק נע הטיל בתאוצה קבועה של $20\,m/sec^2$:

$$\Sigma F_Y = m\cdot a_Y$$

$$F - m\cdot g = m\cdot a \implies F = m\cdot(g + a) = 2\cdot(7.51 + 20) = 55\,N$$



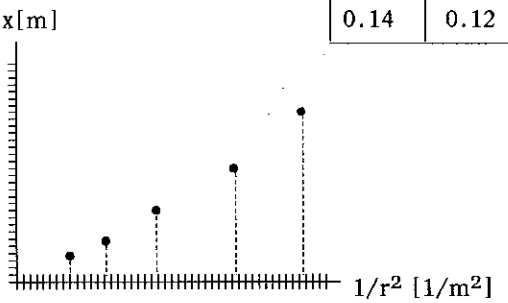
(2) רגע אחרי שאזל הדלק, נע הטיל בהשפעת כוח הכובד בלבד, ותאוצתו זהה לתאוצת המסה התלויה על הקפיץ. לכן, הקפיץ אינו מפעיל כלל כוח על המסה. התאוצה היא תאוצת הכובד בכיוון הפוך לכיוון ההתקדמות ולכן: $a = -g$

$$F - m\cdot g = m\cdot(-g) \implies F = 0$$

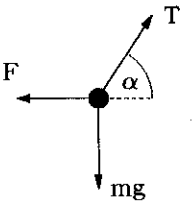
פיתרון מספר 6 - חשמל

א.

d(m)	x(m)	r=d+x	$1/r^2$
0.62	0.02	0.64	2.44
0.47	0.03	0.50	4.00
0.35	0.05	0.40	6.25
0.24	0.08	0.32	9.77
0.14	0.12	0.28	12.76



ב. הכוחות הפועלים על הכדור הם:



משוואות שוויון הכוחות בשני הרכיבים:

$$\Sigma F_Y = 0 \implies T\cdot\sin(\alpha) = mg$$

$$\Sigma F_X = 0 \implies T\cdot\cos(\alpha) = F$$

$$tg(\alpha) = \frac{mg}{F} \implies F = \frac{mg}{tg(\alpha)}$$

מהסתכלות במשולש רואים:

$$tg(\alpha) = \frac{L}{x}$$

ולכן:

$$F = \frac{mg}{tg(\alpha)} = \frac{mg}{L}\cdot x$$

ג. הביטוי המלא והנכון תמיד לכוח החשמלי בין שני הגופים הוא:

$$F = K\cdot\frac{q^2}{r^2}$$

כאשר $x << L$ ומתקיים הקירוב של הכוח לכוח הרמוני:

$$F = \frac{m\cdot g}{L}\cdot x$$

מתקיים השוויון:

$$K\cdot\frac{q^2}{r^2} = \frac{m\cdot g}{L}\cdot x$$

כך שיש יחס ישר בין $1/r^2$ ובין x. כאשר x כבר לא קטן כל כך השוויון מספיק להתקיים ויש סטיה, לכן, מהקו הישר בנקודה התמישית.

ד. כל זמן שהקו ישר שיפועו הוא:

$$a = \frac{L\cdot K\cdot q^2}{m\cdot g}$$

נחשב את השיפוע מן הגרף (משלוש הנקודות הראשונות):

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{0.05-0.02}{6.25-2.44} = 7.87\cdot 10^{-3}$$

$$q = \sqrt{\frac{a\cdot m\cdot g}{L\cdot K}} = \sqrt{\frac{7.87\cdot 10^{-3}\cdot 0.01\cdot 10}{1\cdot 9\cdot 10^{9}}} = 2.96\cdot 10^{-7}C \approx 0.3\ \mu C$$

פיתרון מספר 7 - חשמל

א. משמעות המספרים על הנורה של 5V/1W הם שאם המתח על הנורה יהיה 5V אז ההספק בנורה יהיה 1W. במתח אחר ההספק יהיה אחר. הגודל הקבוע הוא ההתנגדות של הנורה:

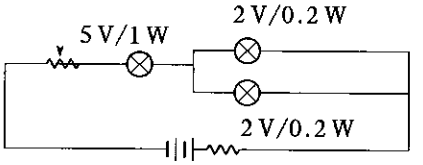
$$P = \frac{U^2}{R} \implies R = \frac{U^2}{P} = \frac{5^2}{1} = 25\Omega$$

ב. כאשר הנורות פועלות בהתאם למה שרשום עליהן הזרם דרכן הוא:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{1}{5} = 0.2A \ ; \ I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{0.2}{2} = 0.1A$$

מאחר ובחיבור בטור הזרם דרך הרכיבים שווה לא ניתן לחבר את כל הנורות בטור.

ג. מאחר ודרך נורה אחת צריך לזרום זרם של 0.2 A ודרך שתי נורות צריך לזרום זרם של 0.1 A נחבר את שתי הנורות במקביל ואת השקול שלהן בטור לנורה הראשונה.



ד. הזרם במעגל מתוכנן להיות 0.2 A במעגל הכולל ו- 0.1 A בכל אחת מהנורות שבמקביל. לכן, גם בנגד המשתנה וגם בהתנגדות הפנימית של מקור המתח זורם זרם של 0.2 A.

המתח על ההתנגדות הפנימית הוא: $U_r = I \cdot r = 0.2 \cdot 1 = 0.2\,V$

המתח של מקור המתח מתחלק בין ארבעה גורמים:

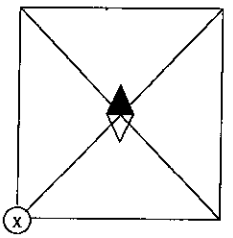
$$\epsilon = U_r + U_R + 5 + 2$$

$$U_R = \epsilon - U_r - 5 - 2 = 9 - 0.2 - 5 - 2 = 1.8\ V$$

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{1.8}{0.2} = 9\Omega$$

פיתרון מספר 8 - חשמל

א. השדה בתיל שבנקודה F הוא אל תוך הדף. כיוון השדה הנוצר במרכז הריבוע בהשפעת התיל בנקודה F יכול להיות לכיוון C או לכיוון E. מאחר והמחט פונה לכיוון E, הרי על פי כלל יד ימין (כלל הבורג) השדה הוא אל תוך הדף.

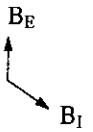


ב.

$$d = a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.4 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.28\,m$$

$$B = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I}{d} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{25}{0.28} = 1.77 \cdot 10^{-5}\,T$$

ג. שני השדות הפועלים במרכז הריבוע הם:



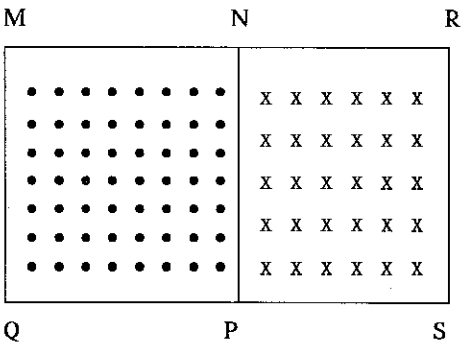
בכיוון של השדה השקול (כיוון המחט) אין באפשרותינו לדעת כלום, אבל בכיוון המאונך לו (הקו C-E) השדות חייבים לבטל זה את זה ולכן:

$$B_E \cdot \cos(45^0) = B_I \implies B_E = \frac{B_I}{\cos(45^0)} = \frac{1.77 \cdot 10^{-5}}{\cos(45^0)} = 2.5 \cdot 10^{-5}\,T$$

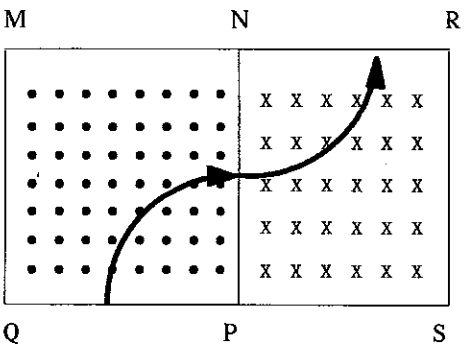
ד. כיוון השדה המגנטי הנוצר על ידי התיל המוצב בנקודה E הוא לכיוון הנקודה D ולכן לא תהיה סטיה מן המצב המתואר בשרטוט ב'.

פיתרון מספר 9 - חשמל

א. מאחר וכיוון הכוח על המטען החיובי הוא ימינה, על פי כלל יד ימין, כיוון השדה באיזור השמאלי הוא אל מחוץ לדף. לכן, כיוון השדה באיזור הימני הוא אל תוך הדף.



ב. על פי כלל יד ימין, בכניסה לאיזור הימני יפעל על המטען החיובי כוח כלפי מעלה ולכן הוא יבצע רבע סיבוב כלפי מעלה.



ג. הנתונים הם:

$R = 5\ cm = 0.05\,m\ ;\ q = 3.2\cdot 10^{-19}C\ ;\ m = 6.6\cdot 10^{-27}kg\ ;\ B = 5\,T$

רדיוס הסיבוב בשדה מגנטי ניתן בנוסחה:

$$R = \frac{mv}{qB} \implies v = \frac{q\cdot B\cdot R}{m} = \frac{3.2\cdot 10^{-19}\cdot 5\cdot 0.05}{6.6\cdot 10^{-27}} = 1.2\cdot 10^{7}\frac{m}{sec}$$

ד. הזמן הוא מחצית מסיבוב שלם.

הביטוי לזמן סיבוב שלם הוא:

$$T = \frac{2\cdot\pi}{\omega} = \frac{2\cdot\pi\cdot m}{q\cdot B} = 2,6\cdot 10^{-8}$$

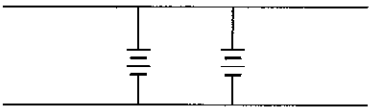
לכן:

$$t = \frac{T}{2} = \frac{\pi\cdot m}{q\cdot B} = \frac{\cancel{2}\cdot\pi\cdot 6.6\cdot 10^{-27}}{3.2\cdot 10^{-19}\cdot 5} = \cancel{2.6\cdot 10^{-8}\,sec}$$

$1,3\cdot 10^{-8}$

פיתרון מספר 10 - חשמל

א. אין זרם במוט מכיוון שבשני המוטות נוצר כ.א.מ. מושרה זהה בכיוון מעלה. מבחינת המעגל אלה הם כיוונים הפוכים המבטלים זה את זה.

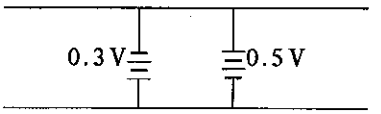


ב. במוט CD יש כ.א.מ. כלפי מעלה שגודלו:

$\epsilon_{CD} = v \cdot B \cdot l = 5 \cdot 0.5 \cdot 0.2 = 0.5\,V$

במוט EF יש כ.א.מ. כלפי מטה שגודלו:

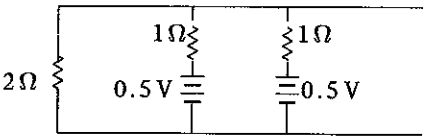
$\epsilon_{EF} = v \cdot B \cdot l = 3 \cdot 0.5 \cdot 0.2 = 0.3\,V$



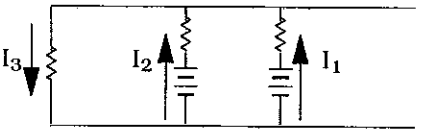
הכ.א.מ. השקול הוא סכומם. ההתנגדות השקולה היא סכומם כי זהו מעגל טורי פשוט.

$$I = \frac{\epsilon_T}{R_T} = \frac{0.5 + 0.3}{1 + 1} = 0.4\,A$$

ג. המעגל המתקבל במקרה זה הוא המעגל הבא:



נשתמש בחוקי קירכהוף:



משוואת הזרמים: $I_3 = I_1 + I_2$

ממשוואת המסלול $\overrightarrow{FEMPF}$: $0.5 = I_2 \cdot 1 + I_3 \cdot 2$

ממשוואת המסלול $\overrightarrow{DCMPD}$: $0.5 = I_1 \cdot 1 + I_3 \cdot 2$

והפתרון הוא: $I_1 = 0.1\,A$; $I_2 = 0.1\,A$; $I_3 = 0.2\,A$

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. הנתונים הם: $u=40\,cm$; $H_0=10\,cm$; $f=50\,cm$

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v} \Longrightarrow \frac{1}{v}=\frac{1}{f}-\frac{1}{u}=\frac{u-f}{f\cdot u} \Longrightarrow v=\frac{f\cdot u}{u-f}=\frac{50\cdot 40}{40-50}=-200\,cm$$

המשמעות היא שהדמות היא דמות מדומה (מכיוון שהסימן שלילי) במרחק 200 cm מהעדשה.

ב. $$\frac{H_i}{H_0}=-\frac{v}{u} \Longrightarrow H_i=-\frac{v\cdot H_0}{u}=-\frac{(-200)\cdot 10}{40}=50\,cm$$

הדמות היא דמות ישרה (מכיוון שהסימן חיובי) ומוגדלת פי 5.

ג. הגוף מוצב במרחק של 55 cm מן המראה. הדמות שלו נוצרת מאחורי המראה המישורית במרחק זהה, היינו במרחק 110 cm מן הגוף ובמרחק 150 cm מן העדשה.

הנתונים הם: $u=150\,cm$; $H_0=10\,cm$; $f=50\,cm$

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{v} \Longrightarrow \frac{1}{v}=\frac{1}{f}-\frac{1}{u}=\frac{u-f}{f\cdot u} \Longrightarrow v=\frac{f\cdot u}{u-f}=\frac{50\cdot 150}{150-50}=75\,cm$$

המשמעות היא שהדמות היא דמות ממשית (מכיוון שהסימן חיובי) במרחק 75 cm מהעדשה.

ד. $$\frac{H_i}{H_0}=-\frac{v}{u} \Longrightarrow H_i=-\frac{v\cdot H_0}{u}=-\frac{75\cdot 10}{150}=-5\,cm$$

הדמות היא דמות הפוכה (מכיוון שהסימן שלילי) ומוקטנת פי 2.

ה. הדמות הראשונה המוגדלת פי 5 נראית לאדם גדולה פי 10 מהדמות המוקטנת פי 2.

$$\left|\frac{H_{i\,1}}{H_{i\,2}}\right|=\left|\frac{50}{-5}\right|=10$$

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. המרחק בין שני פסים סמוכים של התאבכות הורסת ניתן במשוואה:

$$\Delta x=\frac{\lambda\cdot L}{d}$$

לכן, ככל שאורך הגל גדול יותר כך המרחק בין שני פסים גדול יותר.
המרחק בין שני פסים סמוכים בצבע A גדול מהמרחק בין שני פסים סמוכים באור B ולכן אורך הגל של האור A הוא גדול יותר. האור A, לכן, הוא האור האדום.

ב. על פי השרטוט, 5 קטעים של האור האדום שווים בגודלם ל- 7 קטעים של האור הכחול.

המשוואה היא (L ו-d הצטמצמו כי הם שווים בשני המקרים):

$5\cdot\lambda_1 = 7\cdot\lambda_2$

$\lambda_1 - \lambda_2 = 1840$

הפתרון של שתי המשוואות הוא: $5\cdot(1840 + \lambda_2) = 7\cdot\lambda_2$

$\lambda_1 = 6440\,\text{Å}\ ;\ \lambda_2 = 4600\,\text{Å}$

ג. $\Delta x = \frac{\lambda\cdot L}{d} \implies d = \frac{\lambda\cdot L}{\Delta x} = \frac{4600\cdot10^{-10}\cdot1.2}{8\cdot10^{-3}} = 6.9\cdot10^{-5}\,\text{m}$

ד. עם הכניסה למים משתנה אורך הגל (התדירות נשארת קבועה). השינוי באורך הגל הוא באותו היחס לשינוי מהירות הגל. מהירות האור במים נמוכה ממהירותו באוויר - אורך הגל קטן, לכן, במעבר מאוויר למים, ולכן גם רוחב הפס הנמצא ביחס ישר לאורך הגל קטן.

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. $E_n = -\frac{13.6\ (\text{eV})}{n^2}$

n=4 ———— -0.85 eV

n=3 ———— -1.51 eV

n=2 ———— -3.4 eV

n=1 ———— -13.6 eV

ב. $E_P = 2\cdot E_n = 2\cdot(-13.6) = -27.2\,\text{eV}$

ג. האנרגיה שחושבה בסעיף א' היא האנרגיה הכוללת המורכבת מן האנרגיה הפונציאלית החשמלית שחושבה בסעיף ב' ומאנרגיה קינטית. הקשר בין האנרגיה הקינטית והאנרגיה הכללית היא: $E_K = -E_n$

ד. האנרגיה של פוטון הנפלט כתוצאה ממעבר ישיר מהרמה השלישית המעוררת לרמת היסוד הוא הפרש האנרגיה בין הרמות:

$E_{ph} = \Delta E_n = E_4 - E_1 = -0.85 - (-13.6) = 12.75\,\text{eV}$

(1) אורך הגל של הפוטון הוא:

$E(\text{eV}) = \frac{12,400}{\lambda(\text{Å})} \implies \lambda(\text{Å}) = \frac{12,400}{E(\text{eV})} = \frac{12,400}{12.75} = 972.55\,\text{Å}$

(2) התנע של הפוטון הוא: $P_{ph} = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63\cdot10^{-34}}{972.55\cdot10^{-10}} = 6.8\cdot10^{-27}\,\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{sec}}$

ה. אם האטום נרתע הוא לוקח איתו אנרגיה קינטית ותנע בכיוון הפוך לכיוון תנועת הפוטון. האנרגיה שמקבל הפוטון היא לכן קטנה יותר מהפרש האנרגיה בין הרמות (ההבדל הוא האנרגיה הקינטית של האטום) ולכן אורך הגל שלו גדול יותר.

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. חלקיק α מורכב משני פרוטונים ושני נויטרונים ולכן:

$$Ra_{88}^{226} \xrightarrow{\alpha} X_{86}^{222}$$

בגרעין יש 86 פרוטונים ו-222 נוקליאונים.

ב. פליטת γ לא יוצרת שינוי במספר הפרוטונים והנויטרונים.

ג. נחשב את מהירות החלקיק:

$$E_K = \frac{m\cdot v^2}{2} \implies v = \sqrt{\frac{2\cdot E_K}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 4.59\cdot 10^6\cdot 1.6\cdot 10^{-19}}{4\cdot 1.67\cdot 10^{-27}}} = 1.48\cdot 10^7 \frac{m}{sec}$$

אורך הגל של החלקיק הוא:

$$\lambda = \frac{h}{m\cdot v} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}}{4\cdot 1.67\cdot 10^{-27}\cdot 1.48\cdot 10^7} = 6.69\cdot 10^{-15} m$$

ד. אורך הגל של הפוטון הוא:

$$E(eV) = \frac{12,400}{\lambda(Å)} \implies \lambda(Å) = \frac{12,400}{E(eV)} = \frac{12,400}{0.187\cdot 10^6} = 0.066 Å$$

התנע הוא:

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63\cdot 10^{-34}}{0.066\cdot 10^{-10}} = 1\cdot 10^{-32} \frac{kg\cdot m}{sec}$$

ה. קבוע הדעיכה הוא:

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{1600} = 4.33\cdot 10^{-4}\ 1/year$$

$$N = N_0\cdot e^{-\lambda\cdot t} \implies \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda\cdot t} = e^{-4.33\cdot 10^{-4}\cdot 400} = 0.84$$

אחוז הגרעינים הרדיואקטיביים שנשאר הוא 84%.

פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. נשתמש בחוק שימור התנע הקווי. נסמן את החללית ב-1 ואת המטאוריט ב-2.

הנתונים הם: $u_1 - v_1 = 2000\frac{m}{sec}$; $m_1=10\cdot m_2$. הנעלם הוא: $u_2 - v_2$

$$m_1.v_1 + m_2\cdot v_2 = m_1\cdot u_1 + m_2\cdot u_2$$
$$10\cdot m_2.v_1 + m_2\cdot v_2 = 10\cdot m_2\cdot u_1 + m_2\cdot u_2$$
$$10\cdot v_1 + v_2 = 10\cdot u_1 + u_2$$
$$10\cdot (u_1 - v_1) = v_2 - u_2 = -(u_2 - v_2)$$
$$u_2 - v_2 = -10\cdot 2000 = -20,000\frac{m}{sec}$$

מהירות האסטרואיד פחתה ב- 20,000 m/sec

ב. נשתמש בחוק שימור התנע הזוויתי:

$$m_2 \cdot v_2 \cdot b = m_2 \cdot u_2 \cdot b + I_2 \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{m_2 \cdot b \cdot (v_2 - u_2)}{I_2} = \frac{m_2 \cdot b \cdot (v_2 - u_2)}{\frac{2}{5} \cdot m_1 \cdot R^2} = \frac{0.1 \cdot 0.3 \cdot 20{,}000}{0.4 \cdot 0.6} = 2{,}500 \frac{Rad}{sec}$$

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{2{,}500}{2 \cdot \pi} = 397.89\,Hz$$

ג. תדירות הסיבוב היתה שווה לאפס מכיוון שהתנע הזוויתי ביחס למרכז החללית היה שווה לאפס לפני הפגיעה.

ד. E_2 קטן מ- E_1 מאחר ואנרגיה קינטית אבדה במהלך ההתנגשות תוך מעבר האסטרואיד בתוך גוף החללית - נוצר חום רב וצורת החומר השתנתה.

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. מחוק שימור האנרגיה:

$$m \cdot g \cdot r = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot r \cdot \cos(\alpha) + \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

מאחר והגלגול הוא ללא החלקה: $v = \omega \cdot r$

$$m \cdot g \cdot r = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot r \cdot \cos(\alpha) + \frac{1}{2} \cdot I \cdot \frac{v^2}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot r \cdot [1 - \cos(\alpha)]}{\frac{I}{m \cdot r^2} + 1}}$$

ב. משוואת הכוחות בכיוון מרכז הכדור היא:

$$m \cdot g \cdot \cos(\alpha) - N = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

ברגע הניתוק מפסיק הכוח הנורמלי לפעול: $N = 0$

$$m \cdot g \cdot \cos(\alpha) = m \cdot \frac{v^2}{r} \implies v^2 = g \cdot r \cdot \cos(\alpha)$$

$$g \cdot r \cdot \cos(\alpha) = \frac{2 \cdot g \cdot r \cdot [1 - \cos(\alpha)]}{\frac{I}{m \cdot r^2} + 1}$$

$$\cos(\alpha) = \frac{2 \cdot [1 - \cos(\alpha)]}{\frac{I}{m \cdot r^2} + 1}$$

$$\cos(\alpha) \cdot \left[\frac{I}{m \cdot r^2} + 3\right] = 2 \implies \cos(\alpha) = \frac{2}{\frac{I}{m \cdot r^2} + 3}$$

ג. מומנט ההתמד של הכדור עם החור גדול יותר ממומנט ההתמד של הכדור המלא כי מסתו מתרכזת בנקודות רחוקות יותר ממרכז הכדור.
לפי הביטוי שמצאנו בסעיף הקודם, ככל שמומנט ההתמד גדול יותר כך המכנה גדול יותר וכך הביטוי הכללי ל- $\cos(\alpha)$ קטן יותר.
מאחר ו- $\cos(\alpha)$ היא פונקציה יורדת, היינו ככל שהערך של הזווית α גדול יותר - $\cos(\alpha)$ קטן יותר (ברביע הראשון) - הביטוי ל- $\cos(\alpha)$ קטן יותר משמעו שהזווית גדולה יותר, והמסקנה היא: הכדור עם החור ינתק בזווית גדולה יותר מהזווית בה ינתק הכדור המלא.

פיתרון מספר 17 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. עכבת הסליל היא: $I = \frac{U_L}{Z_L} \Longrightarrow Z_L = \frac{U_L}{I} = \frac{17.13}{0.23} = 74.48\,\Omega$

ההיגב של הסליל הוא:

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \Longrightarrow X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} = \sqrt{74.48^2 - 40^2} = 62.83\,\Omega$$

עכבת המעגל היא: $I = \frac{U}{Z} \Longrightarrow Z = \frac{U}{I} = \frac{24}{0.23} = 104.35\,\Omega$

$$Z = \sqrt{R_L^2 + (X_L - X_C)^2}$$

מאחר והמתח הכללי גדול יותר מהמתח על הסליל ברור שהזרם במקור המתח מקדים את המתח (או במילים אחרות - היגב הקבל גדול מהיגב הסליל).

$$X_C = X_L + \sqrt{Z^2 - R_L^2} = 62.83 + \sqrt{104.35^2 - 40^2} = 159.2\,\Omega$$

המתח על הקבל הוא: $U_C = I \cdot X_C = 0.23 \cdot 159.2 = 36.62\,V$ (1)

$$tg(\alpha) = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{62.83 - 159.2}{40} = -2.4 \Longrightarrow \alpha = -67.46^0 \quad (2)$$

ב. תדירות המקור קטנה מתדירות התהודה מאחר וההיגב הקיבולי גדול יותר מההיגב השראותי. ככל שהתדירות של המקור קטנה יותר כך דומיננטי יותר ההיגב הקיבולי.

ג. הסליל מחובר ישירות למקור המתח: $I_L = \frac{U}{Z_L} = \frac{24}{74.48} = 0.32\,A$

ד $P = I^2 \cdot R_L = 0.32^2 \cdot 40 = 4.15\,W$

פיתרון מספר 18 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. (1) עוצמת הזרם המירבית במעגל (במצב תהודה) היא, על פי הגרף, 125 mA.

$$P = \frac{1}{2}\cdot P_{max} \implies I^2\cdot R = \frac{1}{2}\cdot I_{max}^2\cdot R \implies I = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{125}{\sqrt{2}} = 88.39\,mA$$

(2) תדירות התהודה היא, על פי הגרף, 1.2 kHz.
הפרש התדירויות בנקודה בה הספק הוא מחצית מההספק המכסימלי היא, על פי הגרף, 0.2 kHz.

גורם האיכות הוא:

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f} = \frac{1.2}{0.2} = 6$$

ב. (1) את ההתנגדות הכוללת נמצא ממצב התהודה:

$$I = \frac{U}{R} \implies R = \frac{U}{I} = \frac{24}{0.125} = 192\,\Omega$$

$$R_L = 192 - R = 192 - 120 = 72\,\Omega$$

(2)
$$Q = \frac{1}{R\cdot C\cdot \omega_0} \implies C = \frac{1}{R\cdot Q\cdot \omega_0} = \frac{1}{192\cdot 6\cdot 2\cdot \pi\cdot 1{,}200} = 1.15\cdot 10^{-7}\,F$$

(3)
$$Q = \frac{L\cdot \omega_0}{R} \implies L = \frac{Q\cdot R}{\omega_0} = \frac{6\cdot 192}{2\cdot \pi\cdot 1{,}200} = 0.15\,H$$

ג. I_{max} יגדל כי ההתנגדות האוהמית הכוללת של המעגל תקטן.
Q יגדל כי ההתנגדות האוהמית הכוללת של המעגל תקטן.
האפשרות הנכונה היא אפשרות 1.

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. לחישוב הצפיפות של הנוזל נשתמש בנתונים:

$$V_1 = 30\,cm^3\ ;\ w_1 = 0.3\,N = 0.03\,kg$$

ולכן הצפיפות היא:

$$\rho_1 = \frac{w_1}{V_1} = \frac{0.03}{30} = 0.001\,\frac{kg}{cm^3}$$

לחישוב הצפיפות של הגוף נשתמש בנתונים:

$$V_2 = 10\,cm^3\ ;\ w_2 = 0.27\,N = 0.027\,kg$$

ולכן הצפיפות היא:

$$\rho_2 = \frac{w_2}{V_2} = \frac{0.027}{10} = 0.0027\,\frac{kg}{cm^3}$$

ב. על הגוף פועל כוח עילוי בגלל הפרשי לחצים בין הפאה התחתונה של הגוף והפיאה העליונה שלן הנובעים מהפרשי גובה של עמוד הנוזל היוצר את הלחץ.

ג. כוח העילוי שווה למשקל הנוזל שנדחה:

$w' = \rho_1 \cdot V_2 = 0.001 \cdot 10 = 0.01\,kg = 0.1\,N$

הכוחות הפועלים על הדינמומטר הם משקל הגוף כלפי מטה וכוח העילוי כלפי מעלה ולכן: $D = w_2 - w' = 2.7 - 0.1 = 2.6\,N$

ד. המאזניים אינם מראים 2.3N מאחר וכוח העילוי הפועל על הגוף ע"י הנוזל גורם לכוח תגובה השווה בגודלו והפוך בכיוונו הפועל על הנוזל שבכוס. לכן המאזניים מראים: $2.3 + 0.1 = 2.4\,N$

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. נשתמש במשוואת ברנולי בין נקודה הנמצאת בקצה העליון של מיכל A ובין נקודה ביציאה מן הצינור C:

$$\frac{P_A}{\rho \cdot g} + \frac{v_A^2}{2g} + y_A = \frac{P_C}{\rho \cdot g} + \frac{v_C^2}{2g} + y_C$$

הנתונים הם: $y_A = 0.6\,m\ ;\ v_A = 0\ ;\ P_A = P_0$

$y_C = 0\ ;\ v_C = ?\ ;\ P_C = P_0$

$$\frac{P_0}{\rho \cdot g} + 0 + 0.6 = \frac{P_0}{\rho \cdot g} + \frac{v_C^2}{2g} + 0$$

$$v_C = \sqrt{2 \cdot g \cdot 0.6} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.6} = 3.46\frac{m}{sec}$$

$$Q = A_C \cdot v_C = 0.2 \cdot 10^{-4} \cdot 3.46 = 6.9 \cdot 10^{-5}\,\frac{m^3}{sec}$$

ב. ממשוואת הרציפות נקבל: $A_B \cdot v_B = A_C \cdot v_C = Q$

$$v_B = \frac{Q}{A_B} = \frac{6.9 \cdot 10^{-5}}{1 \cdot 10^{-4}} = 0.69\frac{m}{sec}$$

ג. נשתמש במשוואת ברנולי בין נקודה הנמצאת בקצה העליון של מיכל A ובין נקודה בצינור B:

$$\frac{P_A}{\rho \cdot g} + \frac{v_A^2}{2g} + y_A = \frac{P_B}{\rho \cdot g} + \frac{v_B^2}{2g} + y_B$$

הנתונים הם: $y_A = 0.6\,m\ ;\ v_A = 0\ ;\ P_A = P_0$

$y_B = 0\ ;\ v_B = 0.69\frac{m}{sec}\ ;\ P_B = P_0 + \rho \cdot g \cdot h$

$$\frac{P_0}{\rho \cdot g} + 0 + H = \frac{P_0}{\rho \cdot g} + h + \frac{v_B^2}{2g} + 0$$

$$h = H - \frac{v_B^2}{2 \cdot g} = 0.6 - \frac{0.69^2}{2 \cdot 10} = 0.576\,m$$

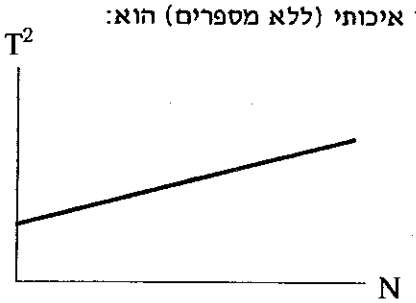
מעבדת חקר - חקירת תנודות של גוף המחובר לקצה פס פלדה

חלק שני - ביצוע הניסוי

2. השגיאה המוחלטת של מכשיר המדידה היא קבועה. ככל שנמדד מספר גדול יותר של תנודות השגיאה המיוחסת למחזור אחד היא קטנה יותר.

חלק שלישי - ניתוח תוצאות, מסקנות ושאלות

5. הגרף המתקבל, באופן איכותי (ללא מספרים) הוא:



6. המשמעות הפיסיקאלית של שיעורי נקודת החיתוך עם הציר האנכי היא ריבוע זמן המחזור של המסה העצמית של פס המתכת.

7. למדוד את תנודות פס המתכת ללא הדיסקיות.

8. החיתוך עם הציר האופקי הוא במספר שלילי של דיסקיות שמסתן מבטלת את המסה העצמית של פס המתכת ("מסה שלילית") כך שהתנודה היא ללא מסה ולכן זמן המחזור שלה שווה לאפס.

9. אם נסמן את מסת פס המתכת ב-m_0 ואת מסת כל אחת מהדיסקיות ב-m הרי שהמסה הכוללת M היא:

$$M = m_0 + N\cdot m$$

הקשר בין זמן המחזור והמסה הוא:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$T^2 = 4\cdot\pi^2\cdot\frac{M}{k} = 4\cdot\pi^2\cdot\frac{m_0 + N\cdot m}{k} = 4\cdot\pi^2\cdot\frac{m_0}{k} + \frac{4\cdot\pi^2\cdot m}{k}\cdot N$$

כך שהגרף של T^2 כפונקציה של N הוא קו ישר ששיפועו הוא $\frac{4\cdot\pi^2\cdot m}{k}$

ממציאת שיפוע הגרף ניתן לחלץ ולחשב את קבוע הכוח המחזיר k.

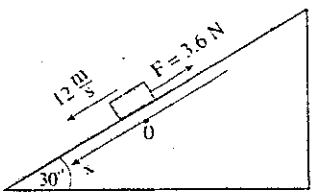
10. כאשר המשרעת גדולה, התאוצה המירבית בזמן התנועה (בנקודות הקצה) גדולה מן התאוצה המכסימלית האפשרית בהשפעת כוח החיכוך הסטטי, ולכן הדיסקה ניתקת מן הקופסה.

בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1997

חלק א' – מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 1 – 5.

1. גוף שמסתו 0.4 kg מחליק על משטח משופע חסר חיכוך שזווית שיפועו 30°. ברגע $t=0$, שבו מהירות הגוף היתה $12\frac{m}{s}$ בכיוון המורד, החל לפעול על הגוף כוח F שגודלו 3.6 N וכיוונו במעלה המשטח המשופע.



בתרשים שלפניך מתוארת המערכת ברגע $t = 0$. הכוח F חדל לפעול ברגע $t = 5\,s$.

פתור את הסעיפים א-ד ביחס לציר מקום x, שכיוונו החיובי בכיוון המורד וראשיתו $x = 0$ בנקודה שבה היה הגוף ברגע $t = 0$.

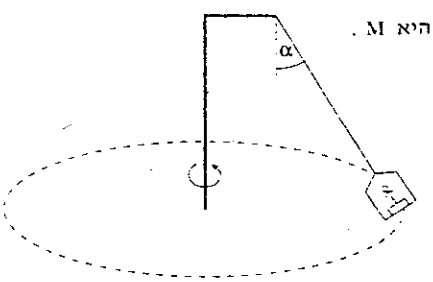
א. מצא את מהירות הגוף ברגע $t = 5\,s$ (גודל וכיוון). (10 נקודות)

ב. סרטט גרף המתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן, מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 5\,s$ (רשום ערכים מספריים על הצירים). (11 נקודות)

ג. מצא את מקום הגוף ברגע $t = 5\,s$. (6 נקודות)

ד. תאר, במילים או באמצעות סרטוט, את מסלול תנועתו של הגוף לאחר שהכוח F חדל לפעול. הסבר. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

2. בתרשים שלפניך מתואר מתקן המורכב מעמוד אנכי, שיוצאת ממנו זרוע אופקית. לקצה הזרוע קשור חבל שמסתו ניתנת להזנחה. לקצה החבל קשור כיסא שעליו מונחים מאזני קפיץ, ועל המאזניים עומד נער. מסת הכיסא עם המאזניים והנער היא M.



המתקן מסתובב סביב ציר העמוד, כך שהכיסא (עם המאזניים והנער) נעים במסלול מעגלי אופקי במהירות שגודלה קבוע, והחבל יוצר זווית α עם הכיוון האנכי (ראה תרשים).

א. בטא באמצעות נתוני השאלה את המתיחות בחבל. (10 נקודות)

ב. בטא באמצעות נתוני השאלה את גודל התאוצה של הכיסא. (11 נקודות)

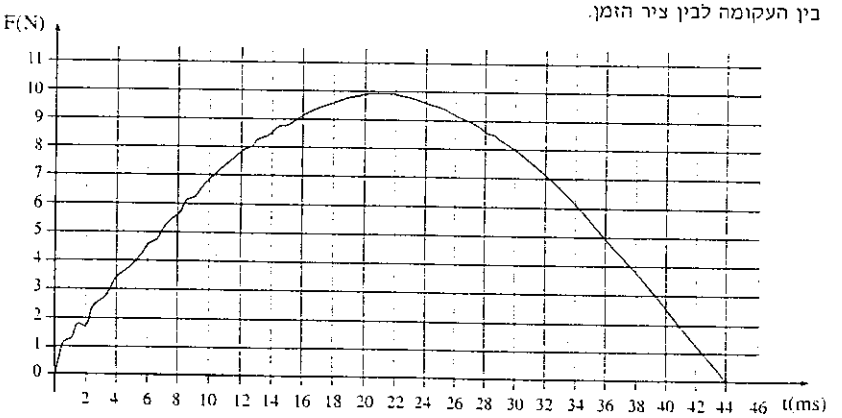
ג. סרטט את הנער ואת הכוחות הפועלים עליו. ציין לגבי כל כוח מי מפעיל אותו. (5 נקודות).

ד. מסת הנער היא m . האם המאזניים מראים ערך השווה ל- mg , גדול ממנו או קטן ממנו? נמק. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

.3

תרשים א

כדי לבחון את החוק הקובע כי "המתקף הכולל הפועל על גוף שווה לשינוי בתנע של הגוף", ביצע תלמיד ניסוי. הוא דחף קרונית שמסתה 0.46 kg (הדחיפה ארכה זמן קצר), וזו נעה על שולחן (ראה תרשים א). החיכוך בין השולחן לקרונית קטן. הקרונית התנגשה בחיישן כוח שהיה מוצמד לקצה השולחן. לאחר ההתנגשות נעה הקרונית בכיוון המנוגד לכיוון תנועתה לפני ההתנגשות. במהלך ההתנגשות של הקרונית בחיישן מדד החיישן, במרווחי זמן קצרים מאוד, את הכוח שהקרונית הפעילה עליו. ערכי הכוח (בניוטון) כפונקציה של הזמן (באלפיות שנייה – ms) הוזנו למחשב, ובעזרת תוכנה מתאימה סורטט גרף המתאר את גודל הכוח כפונקציה של הזמן במהלך ההתנגשות (ראה תרשים ב). התלמיד ספר, במידת הדיוק שהגרף מאפשר, 138 משבצות בין העקומה לבין ציר הזמן.



תרשים ב

זמן קצר לפני ההתנגשות מדד התלמיד ומצא שהקרונית עברה מרחק של 3.0 cm במשך 0.090 s , וזמן קצר לאחר תום ההתנגשות, בעת תנועתה בכיוון המנוגד לכיוון התנועה לפני ההתנגשות, מצא התלמיד שהיא עברה מרחק של 3.0 cm במשך 0.102 s .

א. מצא, על סמך תרשים ב, את גודל המתקף שהחיישן הפעיל על הקרונית במהלך ההתנגשות.
(10 נקודות)

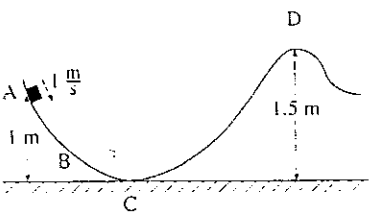
ב. בלי להסתמך על תרשים ב, חשב את השינוי בתנע של הקרונית בעקבות ההתנגשות.
(10 נקודות)

ג. ציין שני גורמים אפשריים לאי־דיוק בערכים שהתקבלו בניסוי זה (המתקף הכולל והשינוי בתנע של הקרונית). (7 נקודות)

ד. האם בפרק הזמן המתואר בתרשים ב התאפסה מהירות הקרונית? הסבר. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

.4

גוף קטן מחליק בלי חיכוך על גבי מסילה ABCD. (הגוף אינו ניתק מן המסילה במהלך תנועתו). מהירות הגוף בנקודה A היא $1\frac{m}{s}$. הנקודה A נמצאת בגובה 1 m מעל משטח אופקי העובר דרך הנקודה C, והנקודה D נמצאת בגובה 1.5 m מעל המשטח (ראה תרשים א).



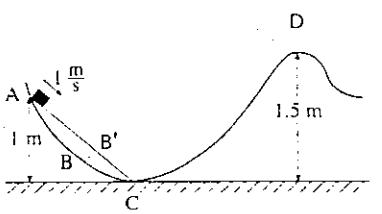
תרשים א

א. חשב את גודל מהירות הגוף בנקודה C. (6 נקודות)

ב. האם הגוף יעבור את הנקודה D? נמק. (6 נקודות)

ג. אילו המסילה היתה מונחת על כוכב לכת אחר (ולא על כדור הארץ), האם היתה תשובתך לסעיף ב משתנה? נמק. (6 נקודות)

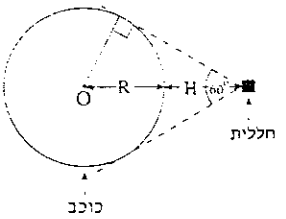
ד. מצא את העבודה הנעשית על־ידי הכוח הנורמלי הפועל על הגוף במהלך תנועתו מ־A ל־C. נמק. (9 נקודות)



תרשים ב

ה. במקרה אחר הגוף נע מ־A ל־C על פני קטע ישר משופע חסר חיכוך, AB'C (ראה תרשים ב), במקום על הקטע העקום ABC. האם עבודת כוח הכובד על פני הקטע AB'C גדולה מעבודת כוח הכובד לאורך הקטע ABC, קטנה ממנה או שווה לה? נמק. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

5. חללית מתקרבת לכוכב לכת. אסטרונאוט הנמצא בתוך החללית עוצר אותה במרחק מסוים מהכוכב (באמצעות מנועי החללית), ומוצא (באמצעות מכשיר רָדָר) כי החללית נמצאת בגובה $H = 10^7$ m מעל פני הכוכב, וכי הכוכב נראה לו בזווית ראייה בת 60° (ראה תרשים).



א. חשב את הרדיוס (R) של הכוכב. ($4\frac{1}{3}$ נקודות)

באמצעות מנועי החללית, האסטרונאוט מכניס את החללית לתנועה מעגלית סביב הכוכב (בגובה H מעל פני הכוכב). לאחר מכן הוא מכבה את מנועי החללית, ומוצא כי זמן מחזור התנועה שלה סביב כוכב הלכת הוא 140 דקות. הנח כי צפיפות הכוכב אחידה.

ב. חשב את מסת הכוכב. (10 נקודות)

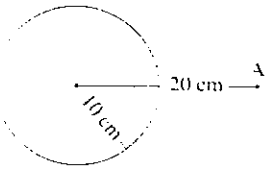
ג. חשב את תאוצת הנפילה החופשית על פני הכוכב. (10 נקודות)

ד. במהלך תנועת החללית במסלול המעגלי סביב הכוכב, האסטרונאוט מחזיק בידו כדור, וברגע מסוים מרפה ממנו. איזו מהאפשרויות הבאות מתארת את תנועת הכדור ביחס לחללית: הכדור ינוע כלפי דופן החללית הקרובה לכוכב, ירחף בחללית, ינוע כלפי דופן החללית הרחוקה מן הכוכב, יבצע תנועה אחרת? נמק. (9 נקודות)

חלק ב' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 - 6.

6. אלקטרון משוחרר ממנוחה מנקודה A, הנמצאת במרחק של 20 cm ממרכזה של קליפה כדורית (כדור חלול) שרדיוסה 10 cm (ראה תרשים).



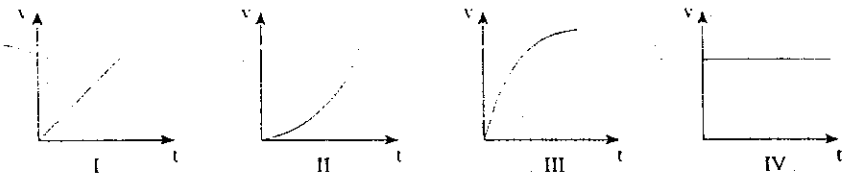
תרשים

הקליפה הכדורית טעונה באופן אחיד במטען של 10^{-8} C.

א. באיזו מהירות יפגע האלקטרון בפני הקליפה? (13 נקודות)

ב. מה צריכה להיות עצמתו של שדה חשמלי אחיד, שבו אלקטרון שישוחרר ממנוחה יגיע למהירות שחישבת בסעיף א, לאחר שיעבור אותו מרחק של 10 cm? ($12\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. לפניך ארבעה גרפים I - IV המתארים באופן סכמתי מהירות כפונקציה של זמן.



קבע איזה מהגרפים I - IV מתאר את מהירותו של:

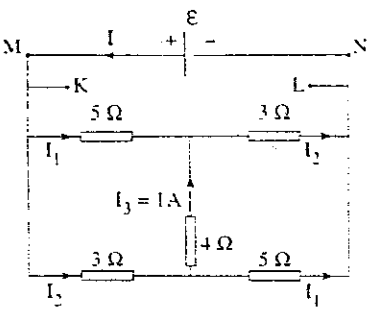
(1) האלקטרון הנע כלפי הקליפה הכדורית (סעיף א). הסבר. (4 נקודות)

(2) האלקטרון הנע בשדה חשמלי אחיד (סעיף ב). הסבר. (4 נקודות)

7. נתון המעגל החשמלי המתואר בתרשים.

דרך כל אחד משני הנגדים של $5\,\Omega$ זורם זרם I_1. דרך כל אחד משני הנגדים של $3\,\Omega$ זורם זרם I_2.

ממדידת הזרם דרך הנגד של $4\,\Omega$ התקבל הערך $I_3 = 1\,A$. מגמת הזרם היא כמתואר בתרשים. התנגדות מקור הכא"מ זניחה.



א. חשב את שני הזרמים I_1 ו־ I_2. (10 נקודות)

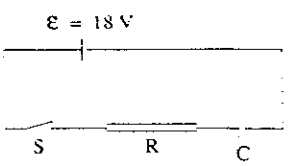
ב. חשב את הכא"מ ε. (10 נקודות)

ג. חשב את ההתנגדות השקולה בין הנקודות M ו־ N (ההתנגדות של נגד שאם נחבר אותו למקור במקום הנגדים שבתרשים, יזרום אותו זרם I דרך המקור). ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

ד. האם ההספק שמספק המקור יגדל או יקטן, כאשר מכניסים נגד נוסף בין הנקודות K ו־ L ? הסבר. (5 נקודות)

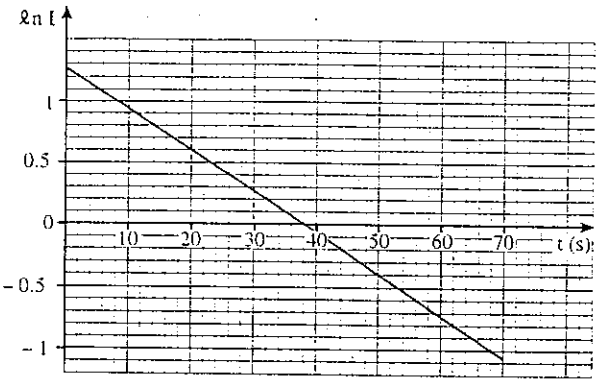
8.

בתרשים א מתואר מעגל חשמלי לטעינת קבל C דרך נגד R. S הוא מפסק שנסגר ברגע $t = 0$. נתון כי $\varepsilon = 18\,V$ והתנגדות המקור זניחה.



תרשים א

תלמיד מדד את הזרם I במעגל בזמנים שונים, החל מסגירת המפסק. על־פי מדידותיו, סרטט התלמיד גרף של I ה־ כפונקציה של הזמן t (ראה תרשים ב). הזרם I נמדד ביחידות mA והזמן t בשניות (s).



תרשים ב

א. כידוע $I(t) = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$. בהסתמך על נוסחה זו, הסבר מדוע הגרף שהתקבל הוא קו ישר. (6 נקודות)

חשב בעזרת הגרף את:

ב. הזרם במעגל ברגע סגירת המפסק. שים לב: הזרם נמדד ביחידות mA . (6 נקודות)

ג. התנגדות הנגד R . (6 נקודות)

ד. קיבול הקבל C . (6 נקודות)

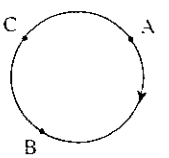
לקבל שבמעגל מוסיפים במקביל קבל עם אותו קיבול C .

ה. העתק למחברתך את תרשים ב, והוסף לתרשים סרטוט מקורב של הקו הישר שיתקבל במצב זה. הסבר את שיקוליך. ($9\frac{1}{3}$ נקודות)

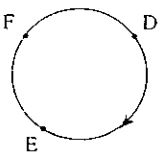
.9

נתונים שני חלקיקים זהים, שלכל אחד מסה m ומטען שלילי q– .

שני החלקיקים נעים במסלולים מעגליים שרדיוסם R , במהירות שגודלה v ובכיוון מחוגי השעון. חלקיק אחד נע במסלול מעגלי הודות לשדה חשמלי שנוצר על־ידי מטען נקודתי חיובי הקבוע במקומו (תרשים א). חלקיק שני נע במסלול מעגלי הודות לשדה מגנטי אחיד (תרשים ב).



תרשים א — תנועת חלקיק בשדה חשמלי



תרשים ב — תנועת חלקיק בשדה מגנטי

א. העתק למחברתך את התרשימים, וסמן את כיוון השדה החשמלי בכל אחת מהנקודות A , B , C ואת כיוון השדה המגנטי בכל אחת מהנקודות D , E , F . ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

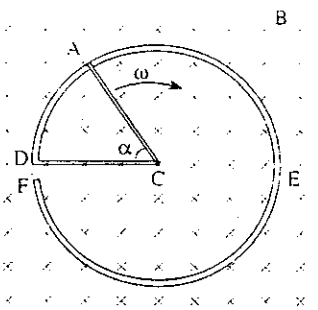
ב. בטא באמצעות q , m , R ו־ v את גודל השדה החשמלי במסלול החלקיק שבתרשים א. (10 נקודות)

ג. בטא באמצעות q , m , R ו־ v את גודל השדה המגנטי במסלול החלקיק שבתרשים ב. (10 נקודות)

ד. בהגיע החלקיקים לנקודה A ולנקודה D הופכים את כיוון מהירותם (בלי לשנות את גודל המהירות, את השדה החשמלי ואת השדה המגנטי).
תאר את מסלולי החלקיקים במצב החדש (היעזר בסרטוט), וציין את מגמת התנועה (בכיוון מחוגי השעון או נגד כיוון מחוגי השעון). (6 נקודות)

.10

המסילה המתוארת בציור מורכבת משני קטעים ישרים AC ו־ CD ומקשת DEF . רדיוס הקשת הוא r . כל חלקי המסילה עשויים מתכת.
מישור המסילה מאונך לשדה מגנטי אחיד B .



א. הבע באמצעות נתוני השאלה את השטף המגנטי הכלוא בתחום ACD ;
במצב שבו הזווית בין AC ל־ CD היא α (ברדיאנים). (9 נקודות)

ב. הקטע AC נייד ומסתובב בכיוון תנועת מחוגי השעון סביב ציר הקבוע במרכז C בתדירות זוויתית קבועה ω . בכל מהלך התנועה יש מגע בין הקצה A לבין המסילה DEF . הבע באמצעות נתוני השאלה את הכא"מ הנוצר כתוצאה מכך.
(11 נקודות)

ג. מהי מגמת הזרם החשמלי הזורם בקטע AC : מ־ A ל־ C או מ־ C ל־ A ? הסבר.
(6 נקודות)

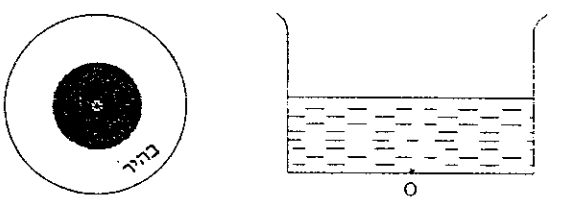
ד. נתון שכל חלקי המסילה עשויים מאותו תיל, שהתנגדותו ליחידת אורך היא קבועה.
הנח שהקטע AC ממשיך לנוע עד F באותה תדירות זוויתית ω . האם הזרם (בערכו המוחלט) גדל או קטן במשך תנועת הקטע? הסבר. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

חלק ג' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

11. במרכזה של קרקעית כוס נמצא מקור אור נקודתי O . בכוס יש נוזל שקוף (ראה תרשים א). קרקעית הכוס צבועה בצבע לבן, המפזר לכל הכיוונים את האור הפוגע בו. כאשר מתבוננים מלמעלה, רואים על קרקעית הכוס עיגול כהה סביב מקור האור ומשטח בהיר סביב העיגול הכהה (ראה תרשים ב).



תרשים ב תרשים א

א. העתק את תרשים א למחברתך, וסרטט באותו תרשים את מהלכן של שלוש קרני אור היוצאות ממקור האור O :

(1) קרן הפוגעת בפני הנוזל בזווית פגיעה של 0° .

(2) קרן הפוגעת בפני הנוזל בזווית כלשהי ויוצאת לאוויר.

(3) קרן הפוגעת בפני הנוזל ומוחזרת החזרה גמורה.

(12 נקודות)

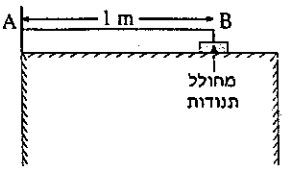
ב. הסבר מדוע רואים על קרקעית הכוס, סביב מקור האור, אזור כהה ואזור בהיר.

(15 נקודות)

ג. מוסיפים לכוס עוד מאותו נוזל (גובה פני הנוזל בכוס עולה). האם קוטרו של העיגול הכהה יגדל, יקטן או לא ישתנה? הסבר. (10 נקודות)

ד. נתון כי גובה פני הנוזל הוא 1 cm ורדיוס העיגול הכהה הוא 1.5 cm . חשב את מקדם השבירה של הנוזל. (13 נקודות)

.12 חוט AB , שאורכו 1 m , קשור בקצהו B למחולל תנודות ובקצהו A למוט קבוע (ראה תרשים).



כאשר תלמיד מפעיל את מחולל התנודות נוצר בחוט AB גל שמוחזר מהקצה A .

התלמיד מגדיל ברציפות את תדירות מחולל התנודות ורושם את התדירויות בכל פעם שנוצר בחוט AB גל עומד. תוצאות הניסוי רשומות בטבלה שלפניך:

$\frac{1}{\lambda}$ (m^{-1})	λ (m)	צורת הגל העומד	f – תדירות התנודות (Hz)
			24
			45
			67
			88

התייחס לנקודה B כנקודת צומת.

א. העתק את הטבלה למחברתך, ורשום בעמודה המתאימה את אורך הגל λ לכל אחד מארבעת הגלים העומדים שנוצרו בחוט. (16 נקודות)

ב. רשום בעמודה המתאימה בטבלה את הערך $\frac{1}{\lambda}$ לכל אחד מארבעת הגלים, וסרטט גרף של התדירות f כפונקציה של $\frac{1}{\lambda}$. (14 נקודות)

ג. מצא בעזרת הגרף את מהירות התפשטותו של גל בחוט AB . (10 נקודות)

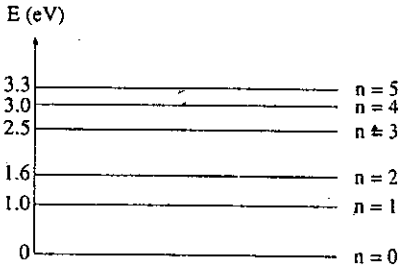
ד. התלמיד ממשיך להגדיל את תדירות מחולל התנודות. מהי התדירות הראשונה (והגבוהה מ־ 88 Hz) שייווצר בה גל עומד בחוט AB ? נמק. (10 נקודות)

פרק שני – פיסיקה מודרנית

.13

רוב הקרינה שנפלטת מהשמש היא באורכי גל בתחום הנראה: 7000 Å – 4000 Å .

בין השמש לארץ נמצא גז (טמפרטורת הגז נמוכה מאוד, ואטומי הגז נמצאים ברמת היסוד כאשר הם אינם באינטראקציה עם קרינה או עם חלקיקים). רמות האנרגיה של אטומי הגז מתוארות בתרשים שלפניך. הזנח את הסיכוי שאטום מעורר יבלע פוטון.



א. אילו אורכי גל הנפלטים מן השמש בתחום האור הנראה נבלעים על־ידי הגז שבין השמש לארץ? (20 נקודות)

ב. אילו אורכי גל בתחום הנראה נפלטים מן האטומים המעוררים? (20 נקודות)

ג. אלקטרון מתנגש באטום של הגז. באיזה תחום צריכה להיות האנרגיה של האלקטרון, כדי שיעורר את האטום לרמה של 1.0 eV ? הסבר. (10 נקודות)

.14

האיזוטופ יוד-128 הוא רדיואקטיבי, והוא משמש לאבחנה ולטיפול רפואי.

בדגימה של יוד-128 מדדו את הפעילות R (מספר ההתפרקויות הרדיואקטיביות בשנייה) כפונקציה של הזמן t (בשניות) שחלף מרגע סיום הכנת הדגימה. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

פעילות (R) (s^{-1})	זמן (t) (s)
392	240
161	2160
65	4080
27	6000
11	7920

א. על־פי התוצאות שבטבלה, סרטט גרף של $\ln R$ כפונקציה של t. (15 נקודות)

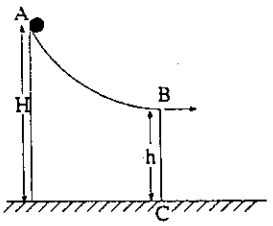
ב. על סמך הגרף שסרטטת הראה שהקשר בין הפעילות R לזמן t הוא קשר מעריכי. (10 נקודות)

ג. על סמך הגרף מצא את זמן מחצית החיים של האיזוטופ יוד-128 . (15 נקודות)

ד. על סמך הגרף מצא כמה אטומי יוד-128 היו בדגימה מיד בתום הכנתה. (10 נקודות)

פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

15. כדור אחיד מלא, שמסתו M ורדיוסו R, משוחרר ממנוחה מהנקודה A, ומתגלגל ללא החלקה על המסלול המתואר בתרשים.



הכדור עוזב את המסלול בנקודה B, כשמהירות מרכז המסה שלו היא אופקית, ופוגע בקרקע.

נתון: $H = 3\ m$ $h = 1.25\ m$.

הזנח את התנגדות האוויר.

א. הסבר את המונח "גלגול ללא החלקה". (6 נקודות)

ב. באיזה מרחק מהנקודה C (ראה תרשים) יפגע הכדור בקרקע? (20 נקודות)

ג. מנקודה A משחררים ממנוחה גליל אחיד מלא. האם מרחק הפגיעה של הגליל יהיה גדול מהמרחק שחישבת בסעיף ב, קטן ממנו או שווה לו? הסבר. (10 נקודות)

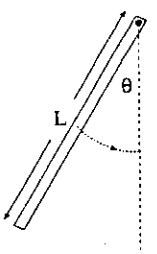
האם בזמן תנועת הכדור באוויר (לאחר שעזב את המסלול בנקודה B):

ד. משתנה המהירות של מרכז המסה של הכדור? הסבר. (7 נקודות)

ה. משתנה המהירות הזוויתית של הכדור? הסבר. (7 נקודות)

16. א. ניתן לראות מטוטלת מתמטית כמקרה פרטי של מטוטלת פיזיקלית. פַּתַּח מנוסחת זמן המחזור של מטוטלת פיזיקלית את נוסחת זמן המחזור של מטוטלת מתמטית.

הסבר את שיקוליך. (20 נקודות)

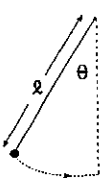


תרשים א

ב. נתונה מטוטלת פיזיקלית הבנויה ממוט אחיד שמסתו M ואורכו L. המוט מתנדנד סביב ציר העובר בקצהו (ראה תרשים א).

הראה כי אורכה של מטוטלת מתמטית (ראה תרשים ב), שיש לה אותו זמן מחזור כמו למטוטלת הפיזיקלית, הוא $\ell = \frac{2}{3}L$. (20 נקודות)

ג. מאותה זווית פרישה התחלתית ביחס לאנך, θ, משחררים את המטוטלת הפיזיקלית ואת המטוטלת המתמטית שאורכה $\ell = \frac{2}{3}L$ (ראה תרשים א ותרשים ב).



תרשים ב

האם המהירות הזוויתית של שתי המטוטלות, בעוברן במצב האנכי, תהיה שווה? נמק. (10 נקודות)

פרק רביעי - זרם חילופין

.17 נורה שהתנגדותה $10\,\Omega$ וסליל לא אידאלי מחוברים בטור למקור מתח חילופין שתדירותו $50\,Hz$. המתח האפקטיבי על הנורה הוא $10\,V$ והמתח האפקטיבי על הסליל גם הוא $10\,V$. המתח על הסליל מקדים את המתח על הנורה ב- $\frac{1}{6}$ זמן מחזור.

א. חשב את:

(1) השראות הסליל.

(2) ההתנגדות האומית של הסליל.

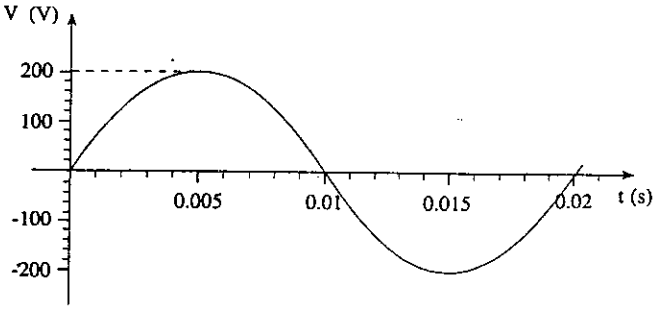
(20 נקודות)

ב. חשב, בעזרת דיאגרמת מתחים, את המתח האפקטיבי של המקור. (10 נקודות)

ג. חשב את ההספק הממוצע של הנורה. (8 נקודות)

ד. רוצים להגדיל את הספק הנורה, בלי לשנות את מתח המקור, על־ידי חיבור בטור של רכיב נוסף למעגל. מהו הרכיב שיש להוסיף? נמק את קביעתך. (12 נקודות)

.18 בתרשים שלפניך הגרף מתאר את מתח המקור V כפונקציה של הזמן t במעגל RCL טורי, שבו $R = 2000\,\Omega$, הסליל אידאלי והשראותו $L = 10\,H$, וקיבול הקבל הוא $C = 2\cdot10^{-6}\,F$.



א. חשב את:

(1) הזרם המקסימלי במעגל.

(2) המתח המקסימלי על הנגד.

(3) זווית המופע בין מתח המקור לזרם במעגל.

(25 נקודות)

ב. העתק את התרשים למחברתך, והוסף בו גרף המתאר את המתח על הנגד V_R כפונקציה של הזמן t . סמן בגרף שלך את המתח המקסימלי על הנגד ושניים מערכי הזמן שבהם מתאפס המתח על הנגד. (15 נקודות)

ג. משנים בהדרגה את תדירות המקור. האם קיימת תדירות שבה המתח המקסימלי על הנגד יהיה גדול מהמתח המקסימלי של המקור? הסבר. (10 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים

19. קובייה שאורך צלעה 10 ס"מ תלויה על דינמומטר (קפיץ מכויל).

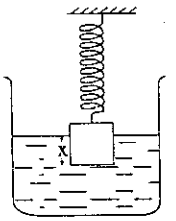
מורידים את הקובייה באיטיות לתוך מֵכל עם נוזל.

גובה פני הנוזל במֵכל גדול מאורך צלע הקובייה.

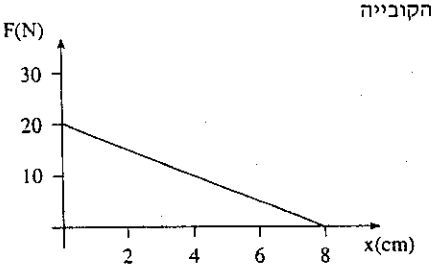
חלק הקובייה שטבול בנוזל אורכו x (ראה תרשים א).

בתרשים ב מסורטט גרף של קריאת הדינמומטר F

כפונקציה של x .



תרשים א



תרשים ב

א. סרטט תרשים של הכוחות הפועלים על הקובייה

כשהיא טבולה בנוזל. (6 נקודות)

ב. מצא ביטוי לקריאת הדינמומטר F

כפונקציה של x . היעזר בתרשים

הכוחות שבסעיף א. (15 נקודות)

ג. חשב בעזרת הגרף שבתרשים ב את:

(1) צפיפות הקובייה. (10 נקודות)

(2) צפיפות הנוזל במֵכל. (10 נקודות)

ד. מבצעים אותן מדידות על הירח, ומסרטטים גרף של F כפונקציה של x .

(1) האם נקודת החיתוך של הגרף החדש עם הציר האנכי תהיה בנקודה F = 20 N ,

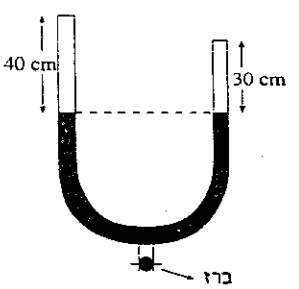
מתחת לנקודה זו או מעליה? נמק. (5 נקודות)

(2) האם נקודת החיתוך של הגרף החדש עם הציר האופקי תהיה בנקודה x = 8 cm ,

מימין לנקודה או משמאלה? נמק. (4 נקודות)

20. למנומטר כספית, המתואר בתרשים שלפניך, יש זרועות באורכים שונים והוא סגור בשני קצותיו. פני הכספית בשתי הזרועות הם באותו גובה. גובה עמוד האוויר בזרוע הימנית הוא 30 cm וגובהו בזרוע השמאלית הוא 40 cm (ראה תרשים).

שטח החתך של המנומטר קבוע לכל אורכו.



א. הסבר מדוע יש אותו לחץ אוויר P_0

בשתי זרועות המנומטר. (5 נקודות)

בלי לשנות את הטמפרטורה מוסיפים, באמצעות

ברז הנמצא בתחתית המנומטר, $9\,cm^3$ כספית.

כתוצאה מכך, עולה עמוד הכספית בזרוע הימנית

ב־ 4 cm ועמוד הכספית בזרוע השמאלית עולה ב־ 5 cm .

ב. בטא בעזרת P_0 את לחץ האוויר לאחר הוספת הכספית:

(1) בזרוע הימנית של המנומטר. (10 נקודות)

(2) בזרוע השמאלית של המנומטר. (10 נקודות)

ג. חשב את P_0 ביחידות של ס"מ כספית. (10 נקודות)

ד. לאחר הוספת הכספית פותחים את הזרוע הימנית של המנומטר. הלחץ החיצוני הוא 75 ס"מ כספית.

(1) הסבר מה יקרה לעמודי הכספית בשתי הזרועות. (9 נקודות)

(2) חשב את גובה עמוד האוויר בזרוע השמאלית. (6 נקודות)

פרק שישי - תרמודינמיקה

21. א. הסבר כל אחד מהתהליכים הבאים:

(1) תהליך אדיאבטי; (2) תהליך איזותרמי.

בתשובותיך התייחס לאופן שבו מתבצע כל אחד מהתהליכים. (10 נקודות)

2 מולים של גז אידאלי דו־אטומי מתפשטים בשני אופנים בין אותם שני מצבים. הנפח ההתחלתי של הגז הוא 40 ליטר, הנפח הסופי הוא 60 ליטר, והלחץ ההתחלתי הוא 1 אטמוספרה. שני האופנים הם: I. התפשטות אדיאבטית;

II. התפשטות איזותרמית ולאחריה תהליך איזוכורי.

ב. חשב את:

(1) לחץ הגז בתום ההתפשטות האדיאבטית (הלחץ הסופי).

(2) לחץ הגז בתום ההתפשטות האיזותרמית (לפני התהליך האיזוכורי).

(10 נקודות)

ג. סרטט את שני אופני ההתפשטות באותה דיאגרמת P - V . סמן על הצירים את ערכי הלחצים שחישבת ואת ערכי הנפחים שמתאימים להם. (10 נקודות)

ד. באיזה משני האופנים בוצעה עבודה גדולה יותר? נמק. (10 נקודות)

ה. מהי כמות החום שנפלטה ו/או נקלטה בכל אחד משלבי אופן II ? (10 נקודות)

22. א. נסח את משפט קרנו. (10 נקודות)

ב. מכונת קרנו פועלת בין שני אמבטי חום שהטמפרטורות שלהם $47^\circ C$ ו־ $7^\circ C$. כמה עבודה תבצע המכונה על כל 2800 J של חום שייפלטו? (15 נקודות)

הופכים את מכונת קרנו שבסעיף ב למקרר הפועל בין אותן טמפרטורות.

ג. (1) הסבר מהו מקדם פעולה. (5 נקודות)

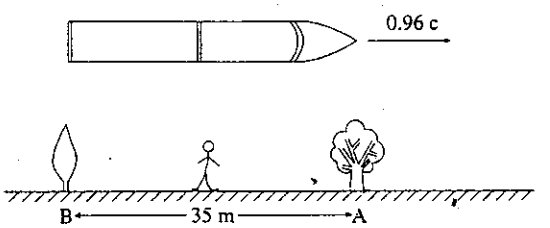
(2) חשב את מקדם הפעולה של המקרר. (10 נקודות)

ד. כמה עבודה יש להשקיע במקרר, וכמה חום ייקלט מחלל המקרר על כל 2800 J חום שייפלטו מהמקרר לסביבה? (10 נקודות)

פרק שביעי - יחסות פרטית

23. המאורעות הבאים מתוארים ביחס למערכת הייחוס של צופה הניצב על הקרקע.

חללית נעה במהירות $v = 0.96\,c$ ביחס לצופה, וברגע מסוים היא נמצאת מעל שני עצים, כך שחרטומה נמצא מעל העץ שבנקודה A והקצה האחורי שלה מעל העץ שבנקודה B (ראה ציור).



המרחק בין שני העצים הוא 35 m .

א. חשב את אורכה העצמי של החללית, כלומר האורך הנמדד על ידי טייס החללית. (15 נקודות)

ב. חשב את המרחק בין שני העצים כפי שנמדד על־ידי טייס החללית. (15 נקודות)

ג. (1) חשב את הזמן שימדוד הצופה מהרגע המתואר בציור, שבו הקצה האחורי של החללית נמצא מעל העץ B , ועד הרגע שבו הקצה האחורי נמצא מעל העץ A . (5 נקודות)

(2) האם פרק הזמן שימדד טייס החללית בין שני המאורעות המתוארים בסעיף ג (1) יהיה גדול מהזמן שמדד הצופה או קטן ממנו? הסבר. (15 נקודות)

24. א. פוטון פוגע בפרוטון הנמצא במנוחה, והתוצר היחיד מההתנגשות הוא חלקיק אחד שמסת המנוחה שלו היא $M = 1232\ \frac{MeV}{c^2}$.

(1) הסבר במילים מדוע אנרגיית הפוטון הפוגע חייבת להיות גדולה מ־ $Mc^2 - m_pc^2$ (m_p - מסת המנוחה של הפרוטון). (15 נקודות)

(2) חשב את אנרגיית הפוטון הפוגע. (15 נקודות)

ב. קבע אם חוקי השימור (היחסותיים) של התנע והאנרגיה מאפשרים את התהליך הבא: פוטון פוגע בפרוטון הנמצא במנוחה ונבלע בו. התוצר היחיד מההתנגשות הוא פרוטון שנע באותו כיוון כמו הפוטון הפוגע. הסבר את תשובתך. (20 נקודות)

פרק שמיני - אסטרופיסיקה

.25

שני כוכבים שייכים לאותו צביר כדורי.

המגניטודה הנראית של שני הכוכבים היא: $m_1 = 14.8$, $m_2 = 17.3$.

מגניטודה נראית m (אפלולית או גודל נראה) של כוכב מוגדרת על־ידי: $m = -2.5 \log \frac{S}{C}$

S הוא שטף הקרינה של הכוכב , C הוא קבוע מספרי.

א. (1) חשב את היחס בין שטפי הקרינה של שני הכוכבים. (7 נקודות)

(2) מהו היחס בין הספקי הקרינה של שני הכוכבים? (7 נקודות)

ב. התברר שהספק הקרינה של הכוכב הבהיר מבין השניים הוא כשל השמש.

חשב את מרחק הצביר הכדורי מאיתנו, אם ידוע שהמגניטודה הנראית של השמש

היא $m_{\odot} = -26.8$. (13 נקודות)

ג. חשב את הרדיוס של הצביר הכדורי, אם רואים אותו מכדור הארץ בזווית ראייה

של 0.5° (8 נקודות)

ד. בצבירים כדוריים נמצאים כוכבים שמסתם קטנה וצבעם אדום.

הסבר מדוע אפשר להסיק מכך שלצבירים אלה זמן חיים ארוך. (15 נקודות)

.26

א. הקשר בין רדיוס הכוכב למסתו עבור כוכב בסדרה ראשית שונה מהקשר עבור ננס לבן או

כוכב נויטרונים. ציין מהו שוני זה. (15 נקודות)

ב. (1) הסבר מדוע לכל כוכב יש זמן מחזור מינימלי לסיבוב שלו על צירו, כך שבזמן

מחזור קצר ממנו הכוכב מתחיל להתפרק. (10 נקודות)

(2) בהנחה שצפיפות הכוכב, ρ , אחידה והכוח היחיד הפועל על פני הכוכב

הוא כוח הכבידה, הוכח כי זמן המחזור המינימלי T של סיבוב הכוכב

על צירו הוא $T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$. (15 נקודות)

ג. זמן המחזור של פולסים הנקלטים מעצם שמיימי המרוחק מאיתנו מאוד הוא 5 שניות.

הנח שצפיפות ננס לבן היא $10^6 \frac{g}{cm^3}$ ושל כוכב נויטרונים היא $10^{14} \frac{g}{cm^3}$.

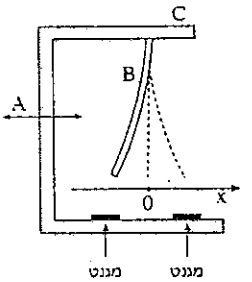
האם סביר שמקור הפולסים הוא בסיבוב של ננס לבן או סביר שמקורם בסיבוב של

כוכב נויטרונים? נמק. (10 נקודות)

פרק תשיעי - כאוס

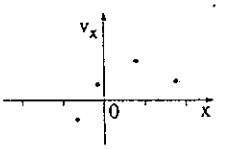
.27

סרט מגנטי גמיש B תלוי על מסגרת C .
הקצה החופשי של הסרט קרוב לשני מגנטים המונחים בתחתית המסגרת. את המסגרת מזיזים ימינה ושמאלה בתנועה הרמונית שזמן המחזור שלה הוא T והמשרעת שלה היא A (ראה תרשים א).



תרשים א

א. כל T שניות מודדים את מיקום הקצה החופשי של הסרט על ציר ה־x (ראה תרשים א) ואת מהירותו v_x .
תרשים ב מתאר את המדידות עבור המשרעת A (המדידות הראשונות לא סומנו בתרשים).



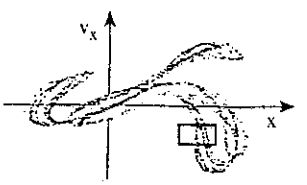
תרשים ב

(1) מהו סוג התנועה? נמק. (8 נקודות)

(2) איך היה נראה הגרף של $v_x(x)$ (תרשים ב), אם היינו מסמנים בתרשים גם את המדידות הראשונות? הסבר. (6 נקודות)

ב. כשמגדילים את המשרעת A ל־ 'A מתרחשת הכפלת מחזור.
מה יהיה מספר הנקודות בגרף $v_x(x)$ עבור המשרעת 'A (לא מסמנים את המדידות הראשונות)? נמק. (10 נקודות)

ג. מגדילים את משרעת התנודות ל־ "A . תרשים ג מתאר את המדידות שהתקבלו עבור "A.



תרשים ג

(1) מהו מושך התנועה עבור "A ? (6 נקודות)

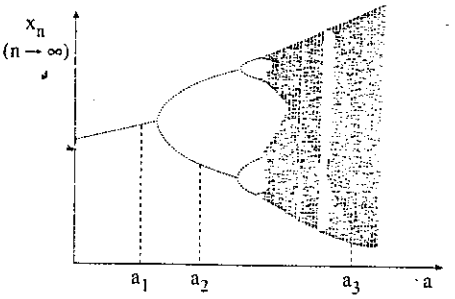
(2) מגדילים את אזור המלבן שמסומן בתרשים ג.
איך תיראה התמונה המוגדלת? הסבר. (6 נקודות)

ד. תוך כדי תנועת המסגרת משחררים את הקצה החופשי של הסרט מ־x_0 מסוים ומודדים את $x(t)$. מבצעים שוב אותו ניסוי ומשתדלים לשמור על אותם תנאים התחלתיים. את המדידות של כל אחד משני הניסויים מסכמים על גרף של x כפונקציה של t .

(1) בהנחה שמשרעת התנודות של המסגרת היא A , האם שני הגרפים של $x(t)$ יהיו דומים? הסבר. (7 נקודות)

(2) בהנחה שמשרעת התנודות של המסגרת היא A'' , האם שני הגרפים של $x(t)$ יהיו דומים? הסבר. (7 נקודות)

28. בתרשים שלפניך מיוצג המושך של משפחת המיפויים $a\,x\,(1-x)^2$.



א. (1) מה הן נקודות השבת של המיפוי $a\,x\,(1-x)^2$? (שים לב: יש נקודות שהן פונקציה של a.) (15 נקודות)

(2) כמה מהנקודות, שמצאת בסעיף א (1), הן נקודות מושכות עבור a_1 ? (5 נקודות)

ב. ערוך גרף מקורב של $x_n(n)$ עבור a_2. (10 נקודות)

ג. מדוע אי־אפשר לראות בתרשים לאיזה ערך של a המושך של המיפוי הוא מסלול מחזורי מסדר 32 ? (5 נקודות)

ד. שתי נקודות x_0 ו־x_0' קרובות זו לזו. מבצעים עבור כל אחת מהן איטרציות עם המיפוי $a_3\,x\,(1-x)^2$. יהי Δ_n ההבדל בין האיטרציות ה־nיות של שתי הנקודות: $\Delta_n = x_n' - x_n$.

ערוך גרף מקורב של Δ_n כפונקציה של n . הסבר את שיקולך. (15 נקודות)

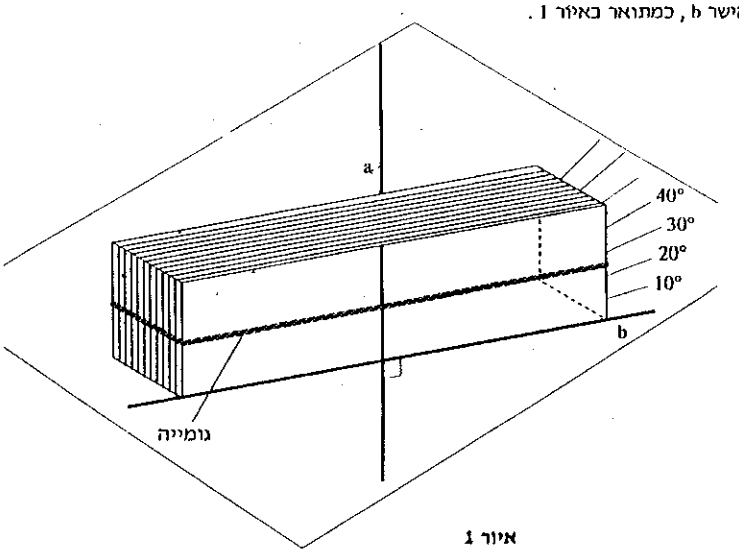
מעבדת חקר - שבירת אור בתיבה שקופה

לרשותך הציוד הבא:

1. 10 לוחיות פרספקס.
2. גומייה.
3. נספח לביצוע הניסוי (מצורף לשאלון), שעליו מסורטטים שני ישרים a ו־b המאונכים זה לזה ושמסומנות בו זוויות מ־10° עד 70° .
4. שקף (מצורף ללוחיות) שלאורכו מסורטטים ישרים מקבילים שמרחקם זה מזה הוא 1 מ״מ. הישר האמצעי עבה יותר (ניתן להשתמש בשקף זה גם כסרגל).

חלק ראשון: חקירת הקשר בין עוביה של תיבה שקופה לבין מרחק ההסחה (40 נקודות)

הצמד 10 לוחיות זו לזו באמצעות גומייה כך שתיווצר תיבה (ודא שהלוחיות נקיות ונצמדות היטב זו לזו). הצב את התיבה על דף ״הנספח לביצוע הניסוי״, כך שהפיאה (הדופן) הקדמית תתלכד עם הישר b , כמתואר באיור 1 .

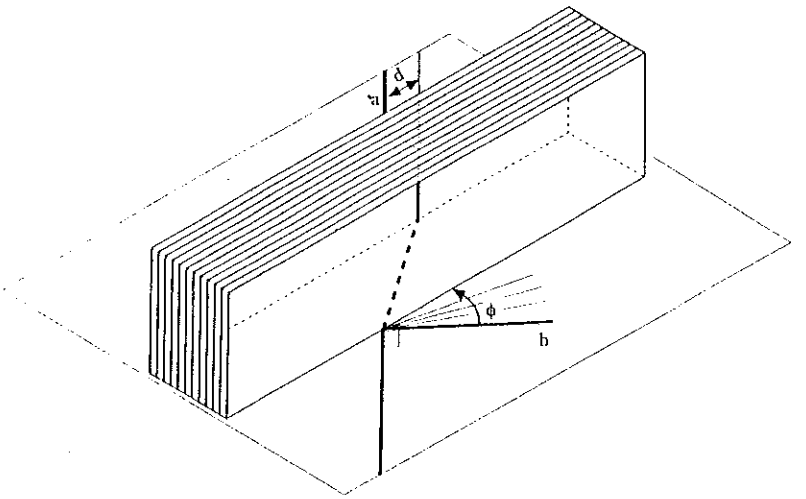


איור 1

הבט אל תוך התיבה מלפנים והתבונן בישר a .

סובב את התיבה כך שהפיאה הקדמית (הקרובה אליך) תיצור זווית ϕ עם הישר b , כמתואר באיור 2 (כלומר, הפיאה הקדמית תהיה מונחת לאורך אחת מצלעות הזוויות המסומנות). הבט אל תוך התיבה עד שתבחין שחלק מן הישר a נראה מוסח בתוך התיבה.

המרחק d בין הקו הנראה בתוך התיבה ובין הקו הישר a נקרא מרחק ההסחה.



איור 2

(7 נק') **1.** סובב את התיבה כך שהזווית ϕ בין הפיאה הקדמית לבין הישר b תלך ותגדל. עקוב אחרי ההסחה. איך משפיע גודלה של הזווית ϕ על מרחק ההסחה d — האם הוא גדל, קטן או אינו משתנה ?

(3 נק') **2.** מהו מרחק ההסחה d כאשר הזווית $\phi = 0°$?

(5 נק') **3.** העמד את התיבה כך שהפיאה הקדמית תיצור זווית $\phi = 50°$ עם הישר b .
הנח את השקף על "הנספח לביצוע הניסוי" כך שהקו המוסח ייראה בהמשכו של הקו העבה המסורטט על השקף. מדוד את מרחק ההסחה d .
רשום את מספר הלוחיות, N , ואת מרחק ההסחה, d , בטבלה:

N								
d (ביחידות .....)								

(10 נק') **4.** חזור על המדידה של d עבור מספרים שונים, N , של לוחיות (בכל המדידות הקפד להניח את התיבה כך ש־$\phi = 50°$). רשום את תוצאות המדידות בטבלה.

(15 נק') **5.** סרטט גרף, המתאר את מרחק ההסחה d כפונקציה של מספר הלוחיות N , כאשר הזווית ϕ קבועה ($\phi = 50°$).

סרטט את הגרף באמצעות מחשב או על הנייר המילימטרי שבעמוד 5 (בעמוד 9 יש נייר מילימטרי נוסף; תוכל להשתמש בו, במקרה הצורך).
אם סרטטת באמצעות מחשב, הדבק מדבקת נבחן על הפלט וצרף אותו לשאלון.

חלק שני: ניתוח התוצאות, מסקנות ושאלות (60 נקודות)

(7 נק') 6. מצא את שיפוע הגרף. פרט את חישוביך. הסבר את המשמעות של שיפוע הגרף.

_____

_____

_____

(7 נק') 7. מצא את עוביה של לוחית אחת. הסבר כיצד קבעת זאת.

_____

_____

(7 נק') 8. מה יהיה מרחק ההסחה d עבור תיבה העשויה מאותו חומר שממנו עשויות הלוחיות ושעוביה 4 cm ?

_____

_____

(16 נק') 9. באיור 3 מתוארת קרן אור הנעה אל תיבה שקופה לאורך הקו a . התיבה מורכבת מ־10 לוחיות. התיבה מסורטטת בקנה מידה 1:1 (דהיינו מידות התיבה שבסרטוט זהות למידות התיבה שבניסוי).

הקרן פוגעת בדופן AB ויוצאת מן הדופן CD .

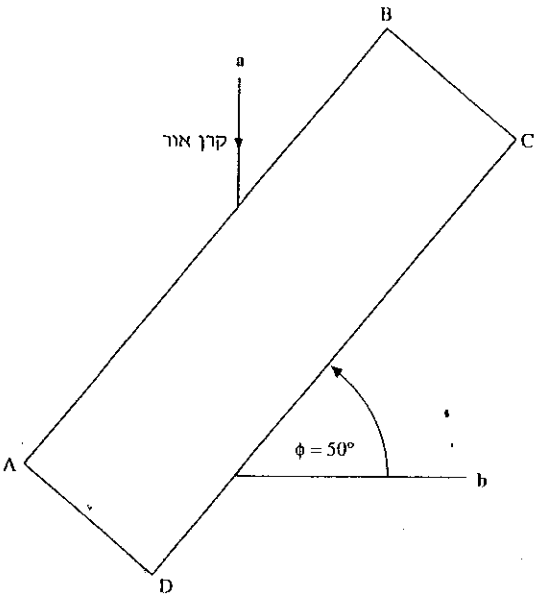
(4 נק') א. היעזר בתוצאות המדידות ובשקף שברשותך, וסרטט את קרן האור בצאתה מהדופן CD . השלם את מהלך הקרן בתוך התיבה.

(4 נק') ב. סמן באיור 3 , ב־α את זווית הפגיעה של הקרן בדופן AB , ב־β את זווית השבירה בדופן זו, ב־γ את זווית הפגיעה בדופן CD וב־δ את זווית השבירה בדופן זו.

(4 נק') ג. מה ערכן של הזוויות α ו־δ ? _____

(4 נק') ד. היעזר במהלך הקרן שסרטטת ובשקף שברשותך, וחשב את זווית השבירה β . _____

_____



איור 3

10. (6 נק') חשב את מקדם השבירה, n , של התיבה על־פי תוצאות מדידותיך והסרטוט שסרטטת על־גבי איור 3 . _____

_____

11. (6 נק') הוצע לחשב את מקדם השבירה, n , על־פי מדידת מרחק ההסחה בתיבה המורכבת **מחמש לוחיות בלבד**. האם התוצאה שתתקבל בחישוב תהיה שונה? סמן את התשובה הנכונה.

א. תגדל פי שניים, בקירוב.

ב. תקטן פי שניים, בקירוב.

ג. לא תשתנה, בקירוב.

12. (4 נק') **א.** הסבר את המושג שגיאה יחסית. _____

_____

_____

_____

(7 נק') **ב.** מודדים את מרחק ההסחה בתיבה המורכבת מעשר לוחיות עבור שתי זוויות שונות, $\phi = 20°$ ו־$\phi = 50°$. האם במדידה עבור הזווית $20°$ השגיאה היחסית תהיה קטנה מהשגיאה במדידה עבור הזווית $50°$, שווה לה או גדולה ממנה? נמק את תשובתך.

_____

_____

תשובות סופיות - 1997

1. א. $v=8\frac{m}{sec}$ כלפי מעלה. ג. $x=10\,m$ מתחת לנקודה בה הכוח התחיל לפעול. ד. הגוף הנע כלפי מעלה, יעצר ויחל בתאוצה כלפי מטה.

2. א. $T=\frac{M\cdot g}{\cos(\alpha)}$ ב. $a_R=g\cdot tg(\alpha)$
ד. המאזניים מראים ערך גדול יותר ממשקל הנער.

3. א. $J=0.276\,N\cdot sec$ ב. $\Delta(m\cdot v)=0.288\,kg\cdot\frac{m}{sec}$
ג. אי דיוק במדידה: במדידת מהירות הקרונית ע"י קביעת זמן התנועה יכולה להיווצר שגיאה של מדידת זמן.
אי דיוק בקריאת תוצאות: בחישוב המיתקף יש שגיאה בספירת המשבצות.
ד. כן

4. א. $v_C=4.58\frac{m}{sec}$ ב. הגוף לא יגיע לנקודה D ג. כן. ד. $W=0$
ה. עבודת כוח הכובד שווה בשני המיקרים.

5. א. $R=10^7\,m$ ב. $m=6.71\cdot10^{25}\,kg$ ג. $g=44.76\frac{m}{sec^2}$ ד. ירחף

6. א. $v_B=1.26\cdot10^7\frac{m}{sec}$ ב. $E=4500\frac{N}{m}$ ג. (1) גרף II (2) גרף I

7. א. $I_1=3.5\,A\ ;\ I_2=4.5\,A$ ב. $\epsilon=31\,V$ ג. $R_T=3.875\,\Omega$ ד. יגדל

8. ב. $I_0=3.55\,mA$ ג. $R=5070\,\Omega$ ד. $C=5.9\cdot10^{-3}$

9. א. (1) כיוון השדה החשמלי הוא בכיוון רדיאלי החוצה.
(2) כיוון השדה המגנטי, הוא פנימה לתוך הדף.
ב. $E=\frac{m}{q}\cdot\frac{v^2}{R}$ ג. $B=\frac{m}{q}\cdot\frac{v}{R}$ ד. החלקיק הנע בשדה החשמלי ימשיך בתנועתו באותו המעגל, ללא שינוי, רק בכיוון ההפוך. החלקיק הנע בשדה המגנטי יבצע סיבוב במעגל משיק לנקודה D.

10. א. $S_{CD}=\frac{1}{2}\cdot\alpha\cdot r^2$ ב. $\epsilon=-\frac{B\cdot\omega\cdot r^2}{2}$ ג. מ- C ל- A. ד. הולך וקטן.

11. ג. הקוטר יגדל ד. $n=1.2$

12. ג. $v = 42\ \frac{m}{sec}$ ד. $f = 105\,Hz$

13. א. $\lambda_{0-4}=4,133\,Å;\lambda_{0-3}=4,960\,Å$ ב. $\lambda_{4-1}=6,200\,Å$ $\lambda_{5-1}=5,391\,Å$
ד. $E_K>1\ eV$

14. ג. $T_{1/2} = 1,491\ sec$ ד. $N_0 = 9.4\cdot10^5$

15. ב. $x = 2.5\ m$ ג. קטן יותר. ד. משתנה. ה. לא משתנה.

16. ג. המהירות הזוויתית של המטוטלת המתמטית גדולה יותר.

17. א. (1) $L=0.028\ H$ (2) $R_L=5\ \Omega$ ב. $U=17.32\,V$ ג. $P=1000\,W$
ד. קבל

18. א. (1) $I = 0.079\,A$ (2) $V = 158\,V$ (3) $\phi = 37.78^o$ ג. לא

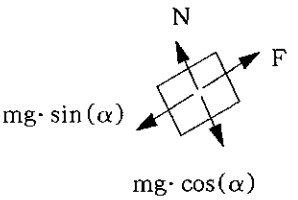
19. ב. $F = w - \rho_{\text{נוזל}}\cdot g\cdot A^2\cdot x$ ג. $\rho_{\text{קוביה}} = 2\frac{gr}{cm^3}$ $\rho_{\text{נוזל}} = 2.5\frac{gr}{cm^3}$
ד. (1) מתחת לנקודה המתקבלת על פני כדור הארץ.

(2) ערך זה אינו תלוי בתאוצת הכובד.

20. ב. $P_1 = \frac{30}{26}\cdot P_0$; $P_2 = \frac{40}{35}\cdot P_0$ ג. $P_0 = 91\ cm\ Hg$ ד. $h = 50\ cm$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. כדי למצוא את תאוצת הגוף נערוך לו תרשים כוחות:
נבחר את הכיוון החיובי בכיוון המהירות ההתחלתית (זה שרירותי כי אין חיכוך)

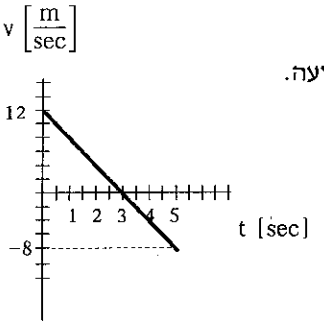


$$\Sigma F_x = m\cdot a_x$$
$$mg\cdot\sin(\alpha) - F = m\cdot a_x$$
$$a_x = \frac{mg\cdot\sin(\alpha) - F}{m}$$
$$a_x = \frac{0.4\cdot 10\cdot\sin(30^0) - 3.6}{0.4} = -4\,\frac{m}{sec^2}$$

$$v = v_0 + a\cdot t = 12 + (-4)\cdot 5 = -8\,\frac{m}{sec}$$

לאחר 5 שניות הגוף נע במהירות $8\frac{m}{sec}$ כלפי מעלה.

ב. התאוצה היא אחידה לאורך כל התנועה.

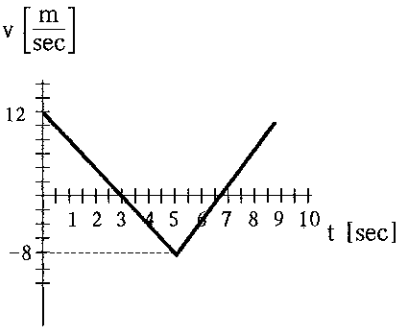


ג. $$x = v_0\cdot t + \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 = 12\cdot 5 + \frac{1}{2}\cdot(-4)\cdot 5^2 = 10\,m$$

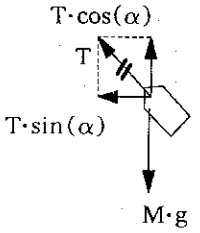
הגוף נמצא 10 m מתחת לנקודה בה הכוח התחיל לפעול.

ד. לאחר הפסקת פעולת הכוח החיצוני, הכוח היחיד הוא רכיב כוח הכבידה.
כיוון התאוצה הוא מטה, ולכן הגוף הנע כלפי מעלה, יעצר ויחל בתאוצה כלפי מטה.
גודל התאוצה הוא:

$$\Sigma F_x = m\cdot a_x$$
$$mg\cdot\sin(\alpha) = m\cdot a_x$$
$$a_x = g\cdot\sin(\alpha) = 10\cdot\sin(30^0) = 5\,\frac{m}{sec^2}$$



פיתרון מספר 2 - מכניקה



א. תרשים הכוחות למתקן הוא:

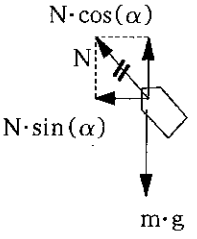
$$\Sigma F_Y = 0$$
$$T\cdot\cos(\alpha) - M\cdot g = 0$$
$$T = \frac{M\cdot g}{\cos(\alpha)}$$

ב. $\Sigma F_X = \Sigma F_R = M\cdot a_R$

$$T\cdot\sin(\alpha) = M\cdot a_R$$

$$a_R = T\cdot\frac{\sin(\alpha)}{M} = \frac{M\cdot g}{\cos(\alpha)}\cdot\frac{\sin(\alpha)}{M} = g\cdot tg(\alpha)$$

ג. הכוחות הפועלים על הנער הם:
על הנער פועלים רק משקלו והכוח הנורמלי.



ד.

$$\Sigma F_Y = 0$$
$$N\cdot\cos(\alpha) - m\cdot g = 0$$
$$N = \frac{m\cdot g}{\cos(\alpha)}$$

המאזניים מראים ערך גדול יותר ממשקל הנער.

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. המיתקף שוה לשטח שמתחת לגרף של הכוח כפונקציה של הזמן.
שטח כל משבצת הוא: 1 N X 2 msec, ולכן:

$$J = 138\cdot(1\cdot 2\cdot 10^{-3}) = 0.276\,N\cdot sec$$

ב. $$\Delta(m\cdot v) = m\cdot\Delta v = 0.46\cdot\left(\frac{0.03}{0.102} - \frac{0.03}{0.090}\right) = 0.288\,kg\cdot\frac{m}{sec}$$

ג. אי דיוק במדידה: במדידת מהירות הקרונית ע"י קביעת זמן התנועה יכולה להיווצר שגיאה של מדידת זמן.
אי דיוק בקריאת תוצאות: בחישוב המיתקף יש שגיאה בספירת המשבצות.

ד. כן. מהירות הקרונית התאפסה כאשר שינוי התנע היה:

$$\Delta(m\cdot v) = m\cdot\Delta v = 0.46\cdot\left(0 - \frac{0.03}{0.090}\right) = 0.153\,kg\cdot\frac{m}{sec}$$

מספר המשבצות הוא:

$$J = n\cdot 2\cdot 10^{-3} \implies n = \frac{J}{2\cdot 10^{-3}} = \frac{0.153}{2\cdot 10^{-3}} = 76.67 \approx 77$$

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. משיקולי אנרגיה:

$$m\cdot g\cdot h_A + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_A^2 = m\cdot g\cdot h_C + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_C^2$$

$$v_C = \sqrt{v_A^2 + 2\cdot g\cdot(h_A - h_C)} = \sqrt{1^2 + 2\cdot 10\cdot(1 - 0)} = 4.58\,\frac{m}{sec}$$

ב. נחשב את הגובה בו תתאפס המהירות. נסמן את הנקודה ב- 'D. בנקודה זו המהירות שווה לאפס:

$$m\cdot g\cdot h_A + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_A^2 = m\cdot g\cdot h_{D'} + \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_{D'}^2$$

$$h_{D'} = h_A + \frac{v_A^2}{2\cdot g} = 1 + \frac{1^2}{2\cdot 10} = 1.05\,m$$

הגוף לא יגיע לנקודה D כי הוא יעצר בגובה של 1.05 m.

ג. כן. התשובה תלויה בתאוצת הכובד.

ד. הכוח הנורמלי מאונך תמיד לכיוון תנועת הגוף ולכן עבודתו שווה לאפס.

ה. עבודת כוח הכובד שווה בשני המיקרים, מאחר ועבודת כוח הכובד תלויה בהפרש האנרגיות הפוטנציאליות בנקודת ההתחלה ובנקודת הסיום של התנועה.
במילים אחרות, כוח הכובד הינו כוח משמר ועבודתו אינה תלויה במסלול פעולת הכוח, אלא רק בנקודות ההתחלה והסיום.

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. נסתכל אל המשולש ישר הזווית שהיתר שלו היא R+H והצלע שמול הזווית של 30^0 היא R.

$$\sin(30^0) = \frac{R}{R + H} \implies 0.5\cdot(R + H) = R \implies R = H = 10^7\,m$$

ב. נסמן את רדיוס הסיבוב ב- 'R

$$T^2 = \frac{4\cdot\pi^2}{G\cdot m}\cdot R'^3$$

$$m = \frac{4\cdot\pi^2}{G\cdot T^2}\cdot R'^3 = \frac{4\cdot\pi^2}{6.67\cdot 10^{-11}\cdot(140\cdot 60)^2}\cdot(2\cdot 10^7)^3 = 6.71\cdot 10^{25}\,\text{kg}$$

ג. $$g = \frac{G\cdot m}{R^2} = \frac{6.67\cdot 10^{-11}\cdot 6.71\cdot 10^{25}}{(10^7)^2} = 44.76\,\frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

ד. הכדור ירחף בתוך החללית. מהירות הכדור היא כמו מהירות האסטרונאוט, שהיא מהירות החללית. כל השלושה הם לווינים הנעים במהירות קבועה, ברדיוס זהה, בתנועה מעגלית מסביב לכוכב. המהירות היחסית ביניהם היא אפס ולכן הכדור יראה כמרחף בתוך החללית.

פיתרון מספר 6 - חשמל

א. נשתמש בשיקולי אנרגיה. נסמן את נקודת הפגיעה באות B.

$$K\frac{q_e\cdot Q}{R_A} = K\frac{q_e\cdot Q}{R_B} + \frac{1}{2}\cdot m_e\cdot v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2\cdot K\cdot q_e\cdot Q}{m_e}\cdot\left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B}\right)}$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2\cdot 9\cdot 10^9\cdot(-1.6\cdot 10^{-19})\cdot 10^{-8}}{9.1\cdot 10^{-31}}\cdot\left(\frac{1}{0.2} - \frac{1}{0.1}\right)} = 1.26\cdot 10^7\,\frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

ב. עבודת השדה החשמלי שווה לשינוי האנרגיה הקינטית:

$$W_E = \Delta E_K \implies E\cdot|q_e|\cdot(R_A - R_B) = \frac{1}{2}\cdot m_e\cdot v_B^2$$

$$E = \frac{m_e\cdot v_B^2}{2\cdot|q_e|\cdot(R_A - R_B)} = \frac{9.1\cdot 10^{-31}\cdot(1.26\cdot 10^7)^2}{2\cdot 1.6\cdot 10^{-19}\cdot(0.2 - 0.1)} = 4500\,\frac{\text{N}}{\text{m}}$$

ג. (1) במקרה א' הכוח הפועל בין המטענים גדל ככל שהמרחק ביניהם קטן. לכן, התאוצה (השיפוע של גרף המהירות כפונקציה של הזמן) הולך וגדל. הגרף המתאים, לכן, הוא גרף II

(2) במקרה ב' הכוח הפועל על המטען הוא קבוע ולכן התאוצה קבועה. הגרף המתאים, לכן, הוא גרף I

פיתרון מספר 7 - חשמל

א. מחוק העניבות למעגל השמאלי התחתון:

$$0 = I_1\cdot 5 - 1\cdot 4 - I_2\cdot 3$$

$$(1)\quad 4 = I_1\cdot 5 - I_2\cdot 3$$

מחוק הצמתים:

$$(2)\quad I_2 = I_1 + 1$$

פתרון שתי המשוואות נותן:

$$I_1 = 3.5\,\text{A}\ ;\ I_2 = 4.5\,\text{A}$$

ב. $\epsilon = I_1 \cdot 5 + I_2 \cdot 3 = 3.5 \cdot 5 + 4.5 \cdot 3 = 31\,V$

ג. $\epsilon = I \cdot R_T \implies R_T = \frac{\epsilon}{I} = \frac{\epsilon}{I_1 + I_2} = \frac{31}{3.5 + 4.5} = 3.875\,\Omega$

ד. ההספק יגדל מכיוון שהזרם דרך המקור יהיה עכשיו הסכום של $I_1+I_2+I_{KL}$

פיתרון מספר 8 - חשמל

א. הזרם משתנה לפי הנוסחה: $I(t) = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

אם נוציא ln משני האגפים נקבל: $\ln[I(t)] = \ln\left[I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}\right]$

$$\ln[I(t)] = \ln[I_0] + \ln\left[e^{-\frac{t}{RC}}\right]$$
$$\ln[I(t)] = \ln[I_0] + -\frac{t}{RC}$$

קיבלנו לכן, ש- $\ln[I(t)]$ תלוי ב- t ביחס ישר.

שיפוע הקו הוא $-\frac{1}{RC}$. נקודת החיתוך עם ציר ה-Y היא $\ln[I_0]$.

ב. נסתכל על הערכים של שתי נקודות: (20,0.6) ; (2,1.2)
בעזרת שתי משוואות בשני נעלמים, נמצא:

$$1.2 = \ln[I_0] - \frac{2}{RC}\ ;\ 0.6 = \ln[I_0] - \frac{20}{RC}$$

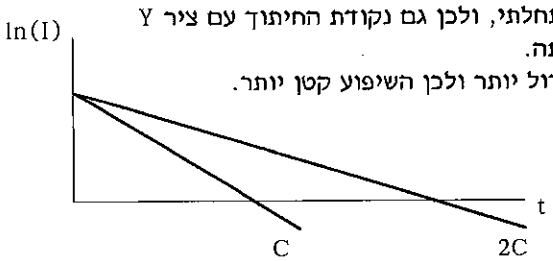
$$1.2 + \frac{2}{RC} = 0.6 + \frac{20}{RC} \implies 0.6 = \frac{18}{RC} \implies RC = 30\ \text{sec}$$

$$\ln[I_0] = 1.2 + \frac{2}{RC} = 1.2 + \frac{2}{30} = 1.267 \implies I_0 = 3.55\,mA$$

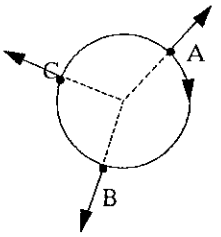
ג. $\epsilon = I_0 \cdot R \implies R = \frac{\epsilon}{I_0} = \frac{18}{3.55 \cdot 10^{-3}} = 5070\,\Omega$

ד. $RC = 30 \implies C = \frac{30}{R} = \frac{30}{5070} = 5.9 \cdot 10^{-3}\,F$

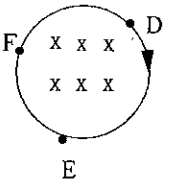
ה. הזרם ההתחלתי, ולכן גם נקודת החיתוך עם ציר Y לא השתנתה.
הקיבול גדול יותר ולכן השיפוע קטן יותר.



פיתרון מספר 9 - חשמל



א. (1) מאחר והחלקיק נע במעגל, הכוח השקול הפועל עליו הוא בכיוון מרכז המעגל. כיוון השדה החשמלי הפוך לכיוון הכוח (מטען שלילי) ולכן כיוון השדה החשמלי הוא בכיוון רדיאלי החוצה.



(2) מאחר והחלקיק נע במעגל, הכוח השקול הפועל עליו הוא בכיוון מרכז המעגל. כיוון השדה המגנטי, על פי כלל יד ימין, (המטען שלילי!) הוא פנימה לתוך הדף.

ב.

$$\Sigma F_R = m\cdot\frac{v^2}{R}$$

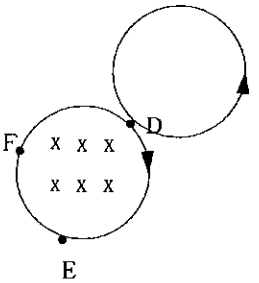
$$E\cdot q = m\cdot\frac{v^2}{R} \implies E = \frac{m}{q}\cdot\frac{v^2}{R}$$

ג.

$$\Sigma F_R = m\cdot\frac{v^2}{R}$$

$$q\cdot v\cdot B = m\cdot\frac{v^2}{R} \implies B = \frac{m}{q}\cdot\frac{v}{R}$$

ד. החלקיק הנע בשדה החשמלי ימשיך בתנועתו באותו המעגל, ללא שינוי, רק בכיוון ההפוך.
על החלקיק הנע בשדה המגנטי יפעל כוח בכיוון הפוך, ולכן הוא יבצע סיבוב במעגל משיק לנקודה D.



פיתרון מספר 10 - חשמל

א. בכל רגע ורגע, היחס בין השטח ACD ושטח המעגל כולו, שווה ליחס בין הזווית α ובין הזווית הכללית של המעגל - $2\cdot\pi$.

$$\frac{S_{ACD}}{\pi\cdot r^2} = \frac{\alpha}{2\cdot\pi} \implies S_{CD} = \frac{1}{2}\cdot\alpha\cdot r^2$$

ב. השטף משתנה עם הזמן. הזווית משתנה בקצב קבוע: $\alpha = \omega\cdot t$

$$\frac{S(t)}{\pi\cdot r^2} = \frac{\alpha}{2\cdot\pi} \implies S(t) = \frac{1}{2}\cdot\alpha\cdot r^2 \implies S(t) = \frac{1}{2}\cdot\omega\cdot t\cdot r^2$$

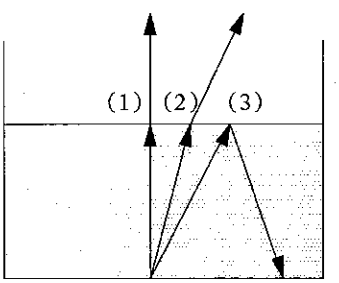
$$\phi = B\cdot S(t) = \frac{B\cdot\omega\cdot r^2}{2}\cdot t$$

$$\epsilon = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\left[\frac{B\cdot\omega\cdot r^2}{2}\cdot t\right] = -\frac{B\cdot\omega\cdot r^2}{2}$$

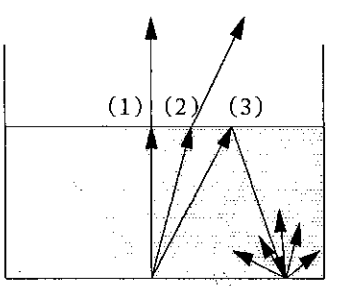
ג. מגמת הזרם, על פי כלל יד ימין, היא מ- C ל- A.

ד. הכ.א.מ. הוא קבוע מאחר וקצב שינוי השטף המגנטי הוא קבוע. ההתנגדות הולכת וגדלה ככל שהקשת DA גדולה יותר, ולכן הזרם הולך וקטן.

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים



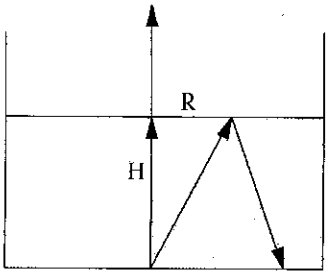
א. (1) זווית הפגיעה שווה ל-0^0.
זווית השבירה שווה גם היא ל-0^0
(2) זווית השבירה לאוויר גדולה מזווית הפגיעה במים
(3) זוית הפגיעה גדולה מהזווית הקריטית, כל האור מוחזר.



ב. האיזור הבהיר נוצר מקרני אור המוחזרות החזרה מלאה אל קרקעית הבריכה ומשם מתפזרות לכל הכיוונים. במרכז יש איזור כהה כי קרני אור העולות כמעט ישירות מעלה נשברות אל מחוץ למים.

ג. הקוטר יגדל מכיוון שהזווית (שהיא הזווית הקריטית) היא קבועה.

ד. אור שעולה מעלה בזווית הקטנה מהזווית הקריטית יצא החוצה, כך שהרדיוס שיראה כהה הוא:



$$\frac{R}{H} = tg(\alpha_C)$$

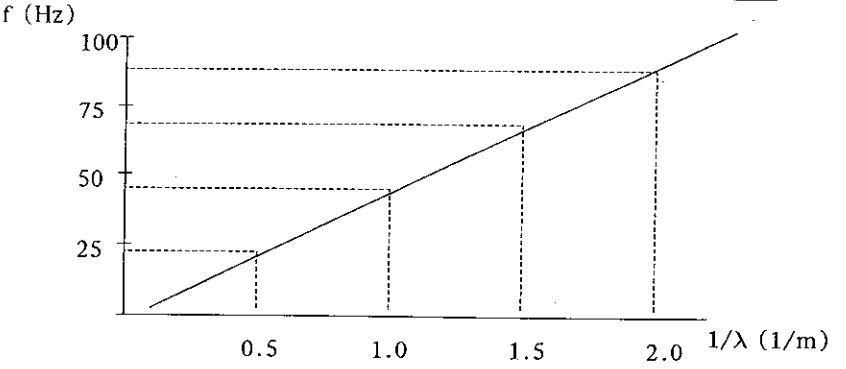
$$tg(\alpha_C) = \frac{1.5}{1} = 1.5 \quad \Longrightarrow \alpha_C = 56.3^0$$

$$\sin(\alpha_C) = \frac{1}{n} \quad \Longrightarrow \quad n = \frac{1}{\sin(\alpha_C)} = \frac{1}{\sin(56.3^0)} = 1.2$$

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א.

1/λ (1/m)	λ (m)	f - תדירות התנודות (Hz)
0.5	2	24
1	1	45
1.5	0.67	67
2	0.5	88



ג. מנוסחת הגלים:

$$v = \lambda \cdot f \quad \Longrightarrow \quad f = \frac{1}{\lambda} \cdot v$$

שיפוע הגרף הוא מהירות הגל:

$$v = \frac{f_2 - f_1}{(1/\lambda)_2 - (1/\lambda)_1} = \frac{45 - 24}{1 - 0.5} = 42\ \frac{m}{sec}$$

ד. כאשר חמש מחציות גל יכנסו ב- 1 m, אורך הגל יהיה 0.4 m.

$$f = \frac{1}{\lambda} \cdot v = \frac{1}{0.4} \cdot 42 = 105\,Hz$$

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. תחום האנרגיות של פוטונים באור הנראה הוא: $1.77\,eV - 3.1\,eV$
ספקטרום הבליעה מורכב רק ממעברים מרמת היסוד ולכן בתחום הנראה נמצאים שני מעברים:

$n=0 \Longrightarrow n=3 \quad - \quad 2.5\,eV$
$n=0 \Longrightarrow n=4 \quad - \quad 3.0\,eV$

$$\lambda_{0-3} = \frac{12,400}{2.5} = 4,960\,\text{Å} \;;\; \lambda_{0-4} = \frac{12,400}{3.0} = 4,133\,\text{Å}$$

ב. ספקטרום הפליטה מורכב ממעברים בין כל שתי רמות, ולכן המעברים הקיימים הם:

$n=5 \Longrightarrow n=1 \quad - \quad 2.3\,eV$
$n=4 \Longrightarrow n=1 \quad - \quad 2.0\,eV$
$n=3 \Longrightarrow n=0 \quad - \quad 2.5\,eV$
$n=4 \Longrightarrow n=0 \quad - \quad 3.0\,eV$

שני אורכי הגל הנוספים הם:

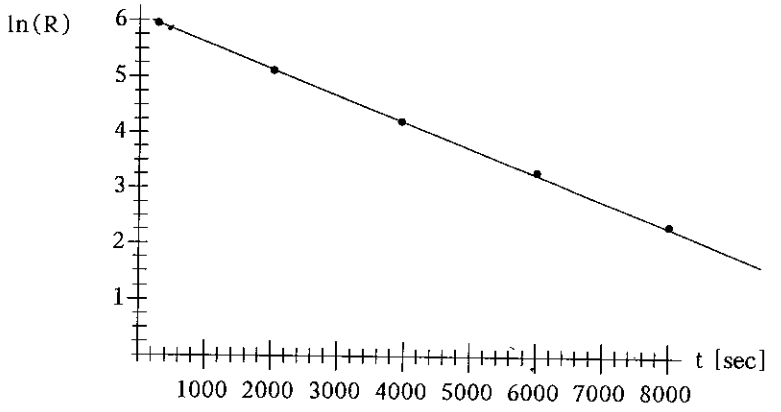
$$\lambda_{5-1} = \frac{12,400}{2.3} = 5,391\,\text{Å} \;;\; \lambda_{4-1} = \frac{12,400}{2.0} = 6,200\,\text{Å}$$

ג. לאלקטרון צריכה להיות אנרגיה כלשהי הגבוהה מ-$1\,eV$, מאחר והאלקטרון אינו מוסר את כל האנרגיה שלו אלא רק את האנרגיה הדרושה למעבר מרמה לרמה.

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. נוסיף לטבלה את $\ln(R)$:

$\ln(R)$	R	t
5.97	392	240
5.08	161	2160
4.17	65	4080
3.30	27	6000
2.40	11	7920



ב. היחס הישר בין $\ln(R)$ לבין t הוא ההוכחה לקשר המעריכי בין R ו-t.

ג.

$$R = R_0 \cdot e^{[-\lambda t]}$$

$$\ln\left(\frac{R}{R_0}\right) = -\lambda \cdot t$$

$$\ln(R) = \ln(R_0) - \lambda \cdot t$$

שיפוע הקו הוא $-\lambda$. לחישוב השיפוע יש לקחת שתי נקודות על הקו (ולא שתי נקודות מדידה). מאחר והשרטוט שלנו אינו על נייר מילימטרי נבחר בשתי נקודות מדידה.

$$a = \frac{\ln(R_2) - \ln(R_1)}{t_2 - t_1} = \frac{5.97 - 2.40}{240 - 7920} = -4.65 \cdot 10^{-4}$$

$$a = -\lambda \implies \lambda = -a = 4.65 \cdot 10^{-4}\ \text{sec}^{-1}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{\ln(2)}{4.65 \cdot 10^{-4}} = 1{,}491\ \text{sec}$$

ד.

$$R = R_0 \cdot e^{[-\lambda t]}$$

$$R_0 = R \cdot e^{[\lambda \cdot t]} = 392 \cdot e^{[4.65 \cdot 10^{-4} \cdot 240]} = 438\ \text{sec}^{-1}$$

$$R = \lambda \cdot N \implies N = \frac{R}{\lambda} \implies N_0 = \frac{R_0}{\lambda} = \frac{438}{4.65 \cdot 10^{-4}} = 9.4 \cdot 10^5$$

פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. ראה פתרון לשאלה זהה שניתנה ב-1988, בעמוד 236 בספר.

ב. נמצא את מהירות מרכז המסה ברגע הניתוק:

$$m\cdot g\cdot H = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + m\cdot g\cdot h + \frac{1}{2}\cdot I\cdot \omega^2$$

מאחר והגלגול הוא ללא החלקה: $v = \omega\cdot r$

$$m\cdot g\cdot H = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + m\cdot g\cdot h + \frac{1}{2}\cdot I\cdot \frac{v^2}{r^2}$$

$$I = \frac{2}{5}\cdot m\cdot r^2$$

$$m\cdot g\cdot H = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + m\cdot g\cdot h + \frac{1}{2}\cdot\left[\frac{2}{5}\cdot m\cdot r^2\right]\cdot\frac{v^2}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\cdot g\cdot[H-h]}{\frac{2}{5}+1}} = \sqrt{\frac{2\cdot 10\cdot(3-1.25)}{1.4}} = 5\frac{m}{sec}$$

נמצא את זמן התנועה:

$$y = \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 \implies t = \sqrt{\frac{2\cdot y}{g}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1.25}{10}} = 0.5\ sec$$

$$x = v\cdot t = 5\cdot 0.5 = 2.5\ m$$

ג. מומנט ההתמד של גליל מלא הוא $\frac{1}{2}\cdot m\cdot r^2$, היינו גדול יותר ממומנט ההתמד של כדור מלא.
לפי הביטוי שמצאנו בסעיף הקודם, ככל שמומנט ההתמד גדול יותר כך המכנה גדול יותר וכך הביטוי ל- v קטן יותר.
מרחק הפגיעה התלוי במהירות הניתוק, יהיה לכן, קטן יותר.

ד. מהירות מרכז המסה בוודאי משתנה מאחר ופועל כוח חיצוני (mg) על הכדור.

ה. המהירות הזוויתית לא משתנה מאחר ולא פועל מומנט על הגוף.

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. נוסחת זמן המחזור של מטוטלת פיסיקאלית היא:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{I}{m\cdot g\cdot s}}$$

המטוטלת המתמטית נכללת בנוסחת המטוטלת הפיסיקאלית כמקרה פרטי. מרכז המסה של המטוטלת המתמטית הוא במסה הנקודתית ולכן ניתן להחליף את s באורך החוט l. מומנט ההתמד של מסה נקודתית הוא:

$$I = m\cdot R^2 = m\cdot l^2$$

נציב ונקבל:

$$T = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{m\cdot l^2}{m\cdot g\cdot l}} = 2\cdot\pi\cdot\sqrt{\frac{l}{g}}$$

וזהו זמן המחזור של מטוטלת מתמטית.

ב. נחשב את מומנט ההתמד של מוט ביחס לנקודה בקצהו:

$$I = I_{C.M.} + m\cdot r^2 = \frac{1}{12}\cdot m\cdot L^2 + m\cdot\left[\frac{L}{2}\right]^2 = \frac{1}{3}\cdot m\cdot L^2$$

משוויון זמני המחזור שאנחנו מחפשים נקבל:

$$\frac{I}{m\cdot g\cdot s} = \frac{l}{g}$$

כאשר s הוא מחצית מאורך המוט. נציב ונקבל:

$$\frac{\frac{1}{3}\cdot m\cdot L^2}{m\cdot g\cdot\frac{L}{2}} = \frac{l}{g} \quad \Longrightarrow \quad l = \frac{2}{3}\cdot L$$

ג. נחשב את המהירות הזוויתית משיקולי אנרגיה:

לגבי המטוטלת המתמטית:

$$m\cdot g\cdot l\cdot[1-\cos(\theta)] = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$$

$$v = \omega\cdot r = \omega\cdot l$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2\cdot g\cdot[1-\cos(\theta)]}{l}}$$

לגבי המוט:

$$m\cdot g\cdot\frac{L}{2}\cdot[1-\cos(\theta)] = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2$$

$$v = \omega\cdot r = \omega\cdot\frac{L}{2}$$

$$I = \frac{1}{3}\cdot m\cdot L^2$$

$$m\cdot g\cdot\frac{L}{2}\cdot[1-\cos(\theta)] = \frac{1}{2}\cdot m\cdot\left[\omega\cdot\frac{L}{2}\right]^2 + \frac{1}{2}\cdot\left[\frac{1}{3}\cdot m\cdot L^2\right]\cdot\omega^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{12\cdot g\cdot[1-\cos(\theta)]}{7\quad L}} = \sqrt{\frac{12\cdot g\cdot[1-\cos(\theta)]}{7\quad 3\cdot l/2}} = \sqrt{\frac{8\cdot g\cdot[1-\cos(\theta)]}{7\quad l}}$$

המהירות הזוויתית של המטוטלת המתמטית גדולה יותר.

פיתרון מספר 17 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

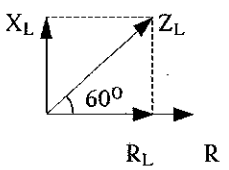
א. נמצא את הזרם במעגל מן הנתונים על הנגד:

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{10}{10} = 1\,A$$

נמצא את עכבת הסליל:

$$I = \frac{U_L}{Z_L} \implies Z_L = \frac{U_L}{I} = \frac{10}{1} = 10\,\Omega$$

נשרטט את דיאגרמת המתחים כדי למצוא ממנה את ההתנגדות האוהמית של הסליל:



$$\cos(60^o) = \frac{R_L}{Z_L}$$

$$R_L = Z_L\cdot\cos(60^o) = 10\cdot 0.5 = 5\,\Omega$$

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \implies X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} = \sqrt{10^2 - 5^2} = 8.66\,\Omega$$

$$X_L = \omega\cdot L \implies L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\cdot\pi\cdot f} = \frac{8.66}{2\cdot\pi\cdot 50} = 0.028\ H$$

ב. $U_Z = \sqrt{[10 + 10\cdot\cos(60^o)]^2 + [10\cdot\sin(60^o]^2} = 17.32\,V$

ג. $P = I^2\cdot R = 10^2\cdot 10 = 1000\,W$

ד. הגדלת ההספק בנורה תיעשה על ידי הגדלת הזרם במעגל.
הגדלת הזרם במעגל (ללא הגדלת מקור המתח) יכולה להיעשות ע"י הקטנת זווית המופע בין המתח הכללי במעגל והזרם הכללי במעגל.
ע"י הכנסת קבל בטור תקטן זווית המופע של המעגל.

פיתרון מספר 18 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. מן הגרף אנחנו רואים שזמן מחזור אחד הוא: 0.02 sec.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} = 50\,Hz \implies \omega = 2\cdot\pi\cdot f = 314\,Rad/sec$$

נמצא את עכבת המעגל:

$$Z = \sqrt{R^2 + [X_L - X_C]^2} = \sqrt{R^2 + \left[\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right]^2}$$

$$Z = \sqrt{2000^2 + \left[314 \cdot 10 - \frac{1}{314 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}\right]^2} = 2530\,\Omega$$

$$I_{max} = \frac{U_{max}}{Z} = \frac{200}{2530} = 0.079\,A \qquad (1)$$

$$U_{R\,max} = I_{max} \cdot R = 0.079 \cdot 200 = 158\,V \qquad (2)$$

$$tg(\varphi) = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}}{R} = \frac{314 \cdot 10 - \frac{1}{314 \cdot 2 \cdot 10^{-6}}}{2000} = 0.775 \qquad (3)$$

$$\varphi = 37.78^0 \approx \frac{\pi}{5}$$

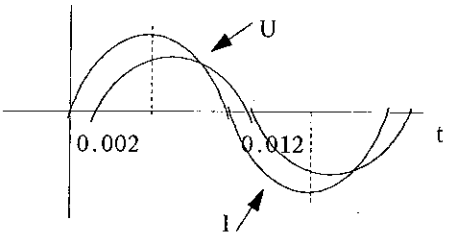
ב. המתח במעגל מקדים את המתח על הנגד ב- $\pi/5$.

היינו הפרש הזמן הוא: $\frac{t}{T} = \frac{\frac{\pi}{5}}{2 \cdot \pi} \Longrightarrow t = \frac{T}{10} = 0.002\,sec$

המסקנה היא שהפעם הראשונה שהמתח על הנגד יתאפס תתרחש 0.002 sec אחרי שהמתח הכללי מתאפס.

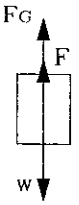
הפעם השניה היא אחרי מחצית זמן מחזור, היינו:

$t_2 = 0.01 + 0.002 = 0.102$ sec



ג. לא. מתח הנגד יכול להגיע רק עד למתח המקור (במצב של תהודה).

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים



א. על הקוביה פועלים שלושה כוחות.
המשקל (w) כלפי מטה, וכוח העילוי (FG)
וכוח הקפיץ (F) כלפי מעלה.

ב. כוח העילוי שווה למשקל הנוזל שנדחה ולכן פרופורציוני לגודל x:.

$F_G = \rho_{\text{נוזל}} \cdot g \cdot V = \rho_{\text{נוזל}} \cdot g \cdot A^2 \cdot x$

$F = w - F_G = w - \rho_{\text{נוזל}} \cdot g \cdot A^2 \cdot x$

ג. (1) נקודת החיתוך עם ציר ה- Y (x=0) היא כאשר $F = w$, ולכן:

$w = 20\,N$

$w = \rho_{\text{קוביה}} \cdot g \cdot V = \rho_{\text{קוביה}} \cdot g \cdot A^3$

$$\rho_{\text{קוביה}} = \frac{w}{g \cdot A^3} = \frac{20}{10 \cdot 0.1^3} = 2000\,\frac{kg}{m^3} = 2\,\frac{gr}{cm^3}$$

(2) שיפוע הגרף הוא $-\rho \cdot g \cdot A^2$ ולכן:

$$a = \frac{20 - 0}{0 - 0.08} = -250$$

$$-\rho_{\text{נוזל}} \cdot g \cdot A^2 = -250 \implies \rho_{\text{נוזל}} = \frac{250}{10 \cdot 0.1^2} = 2500\,\frac{kg}{m^3} = 2.5\,\frac{gr}{cm^3}$$

ד. (1) נקודת החיתוך היא כאשר $F = w$. משקל הקוביה על פני הירח קטן יותר ולכן נקודת החיתוך תהיה מתחת לנקודה המתקבלת על פני כדור הארץ.

(2) נקודת החיתוך עם הציר האופקי היא כאשר $F = 0$

במקרה זה: $w = \rho_{\text{נוזל}} \cdot g \cdot A^2 \cdot x$

$\rho_{\text{קוביה}} \cdot g \cdot A^3 = \rho_{\text{נוזל}} \cdot g \cdot A^2 \cdot x$

$$x = A \cdot \frac{\rho_{\text{קוביה}}}{\rho_{\text{נוזל}}}$$

ערך זה אינו תלוי בתאוצת הכובד. (במילים אחרות, g הצטמצם בחישוב)

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. אנו יודעים את העובדה שהלחץ בשני זרועות המנומטר שווה מכך שגובה עמוד הכספית בשניהם זהה. אם היה הפרש בין הלחצים בזרועות הוא היה צריך להיות מקוזז ע"י הפרש גבהים.

ב. נסמן את הלחץ החדש בעמוד הימני ב- P_1 ובעמוד השמאלי ב- P_2.
(כל הלחצים נמדדים ב-ס"מ כספית)

משוויון הלחצים לאחר התוספת נקבל: $P_1 = P_2 + 1$

מחוק בויל לגבי כל אחד מהנפחים נקבל:

$$30 \cdot P_0 = 26 \cdot P_1 \implies P_1 = \frac{30}{26} \cdot P_0$$

$$40 \cdot P_0 = 35 \cdot P_2 \implies P_2 = \frac{40}{35} \cdot P_0$$

ג. נציב ונקבל: $\frac{30}{26} \cdot P_0 = \frac{40}{35} \cdot P_0 + 1$

$P_0 = 91\ cm\ Hg$

ד. נחשב את הלחצים בשני העמודים לפני הפתיחה:

$$P_1 = \frac{30}{26}\cdot P_0 = \frac{30}{26}\cdot 91 = 105 \text{ cm Hg} \; ; \; P_2 = \frac{40}{35}\cdot P_0 = \frac{40}{35}\cdot 91 = 104 \text{ cm Hg}$$

מאחר והלחץ בעמוד השמאלי גדול מהלחץ החיצוני, תתחיל תנועה של כספית במעלה העמוד הימני. התנועה תיווצר רק במצב של שיווי משקל.
מצב זה יהיה כאשר הפרש הגבהים בין שני העמודים (העמוד הימני גבוה מן העמוד השמאלי) יהיה 29 cm:

$$h = P_2 - 75 = 104 - 75 = 29 \text{ cm}$$

מאחר והיה הפרש של 1- cm עם פתיחת הזרוע הימנית, הרי שהעמוד השמאלי ירד ב-15 cm ליצור נפח של 50 cm ואילו העמוד הימני יעלה ב-15 cm.

מעבדת חקר - שבירת אור בתיבה שקופה

חלק ראשון- חקירת הקשר בין עוביה של תיבה שקופה לבין מרחק ההסחה

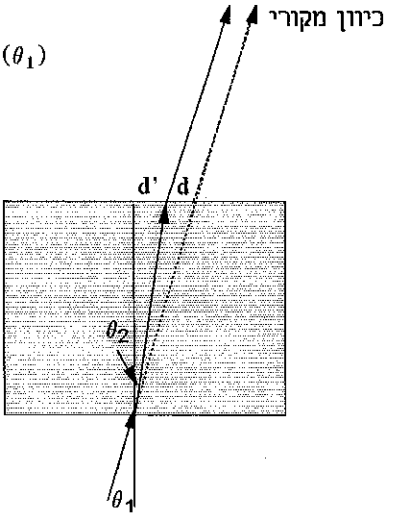
1. מרחק ההסחה גדל ככל שזווית ההסחה גדלה.
2. כאשר הזווית היא אפס, מרחק ההסחה הינו אפס.
5. מרחק ההסחה תלוי ביחס ישר בעובי התיבה.

אם נסמן את מספר הלוחות ב- N. את עובי כל לוח ב- a. את המרחק של נקודת הפגיעה בדופן השניה מן האנך ב- d', נקבל:

$$\frac{d'}{N\cdot a} = tg(\theta_2) \implies d' = N\cdot a\cdot tg(\theta_2)$$

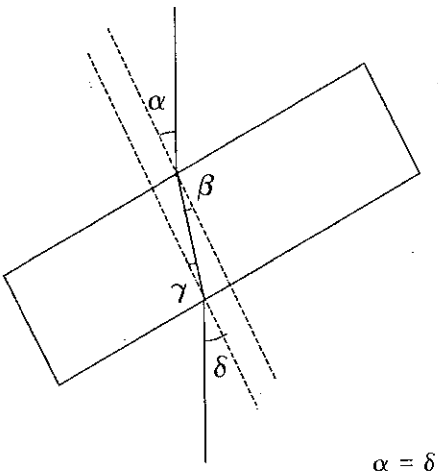
$$\frac{d + d'}{N\cdot a} = tg(\theta_1) \implies d + d' = N\cdot a\cdot tg(\theta_1)$$

$$d = N\cdot a\cdot[tg(\theta_1) - tg(\theta_2)]$$



6. שיפוע הגרף הוא $a\cdot[tg(\theta_1) - tg(\theta_2)]$.
7. מאחר ושתי הזוויות ידועות (האחת 50^0) והשניה נמדדה, ניתן לחשב מן השיפוע את a.
8. ניתן למצוא מכיוון שהשיפוע ידוע ורק N השתנה.

.9



ג. $\alpha = \delta = 90^0$

11. התוצאה של מקדם השבירה אינה תלויה, כמובן, במספר הלוחיות.
הדבר היחיד שגורמת הקטנת מספר הלוחיות הוא להקטנת הדיוק במדידה.
12. שגיאה יחסית היא היחס בין השגיאה המוחלטת והערך הנמדד.
כאשר הזוויות קטנות יותר הערך של תוצאת המדידה יהיה קטן יותר.
מאחר והשגיאה המוחלטת קבועה, הרי שהשגיאה היחסית תגדל.

בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1998

חלק א' - מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 1 - 5.

1. גוף החל לנוע ממנוחה, ונע בקו ישר בכל מהלך תנועתו. תלמיד רשם את מקומו של הגוף במרווחי זמן של 0.02 s . את הרגע שבו החל הגוף לנוע הוא הגדיר כ- t = 0 . ציר המקום נבחר כך שראשיתו בנקודה שבה נמצא הגוף ברגע t = 0 , וכיוונו החיובי בכיוון תנועת הגוף.

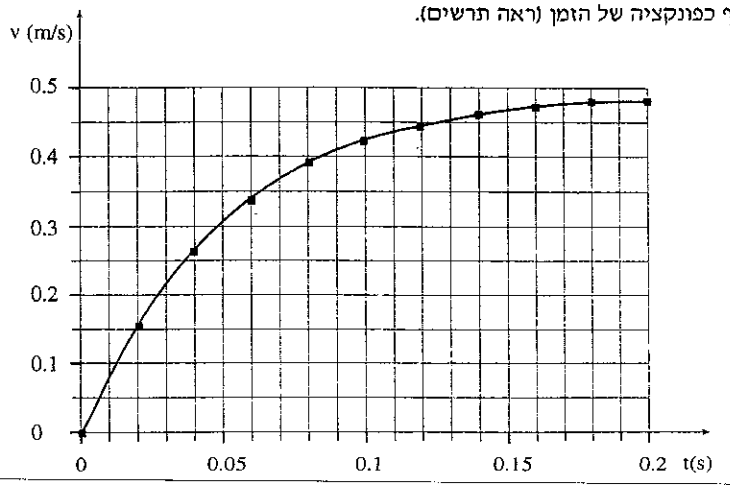
תוצאות של חלק מן המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

מקום x (m)	זמן t (s)
0.0061	0.04
0.0123	0.06
0.0196	0.08
0.0278	0.10
0.0365	0.12

א. חשב על־פי הטבלה, בקירוב הטוב ביותר, את מהירות הגוף ברגע t = 0.08 s .

הסבר ופרט את חישוביך. (אל תניח שהתאוצה קבועה.) (8 נקודות)

התלמיד חישב את מהירויות הגוף ברגעים השונים, וסרטט גרף המתאר את מהירות הגוף כפונקציה של הזמן (ראה תרשים).



ב. הערך, על־פי הגרף, את המרחק שעבר הגוף מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 0.02\ s$.

(5 נקודות)

ג. חשב, במידת הדיוק שהגרף מאפשר, את התאוצה הממוצעת של הגוף מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 0.02\ s$. (5 נקודות)

ד. קבע, על־פי הגרף, אם תאוצת הגוף גדֵלה כפונקציה של הזמן, קטֵנה או אינה משתנה. נמק. (7 נקודות)

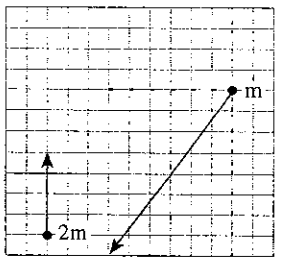
ה. האם גודלו של הכוח השקול שפועל על הגוף הולך וגדֵל, הולך וקטֵן או אינו משתנה? נמק. (5 נקודות)

ו. מהו כיוון הכוח השקול שפועל על הגוף — בכיוון תנועת הגוף, מנוגד לכיוון תנועת הגוף או מאונך לכיוון תנועת הגוף? נמק. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

.2

קרון שמסתו $4m$ נמצא על משטח אופקי. על רצפת הקרון נעים שני כדורים שהמסות שלהם הן m ו־ $2m$. החיכוך בין הקרון למשטח ובין הכדורים לרצפה זניח.

מהירויות הכדורים ברגע t_0 מתוארות בתרשים א. כל משבצת מתאימה ל־ $1\ \frac{m}{s}$.

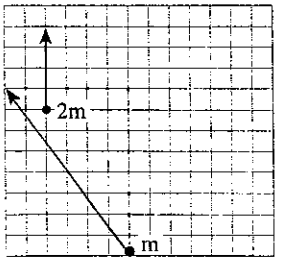


תרשים א

א. הקרון קשור למשטח ואינו יכול לנוע. תרשים ב מתאר את מהירויות הכדורים לאחר שהכדור שמסתו m התנגש בדופן הקרון.

(1) האם התנע הכולל של שני הכדורים בתרשים ב שווה לתנע הכולל שלהם בתרשים א? נמק. (8 נקודות)

(2) האם האנרגיה הקינטית הכוללת של שני הכדורים בתרשים ב שווה לאנרגיה הכוללת שלהם בתרשים א? נמק. (8 נקודות)

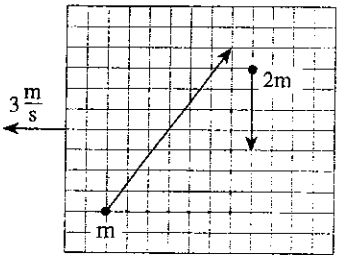


תרשים ב

ב. הפעם הקרון אינו קשור והוא חופשי לנוע לכל הכיוונים. (ברגע t_0 מהירויות הכדורים הן כמתואר בתרשים א ומהירות הקרון היא אפס.)

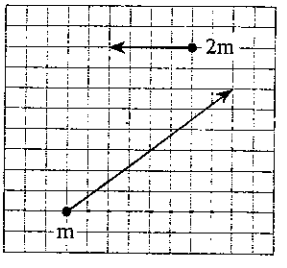
הכדורים התנגשו זה בזה ובדופנות הקרון בהתנגשויות אלסטיות (לחלוטין).

(1) בתרשים ג מהירות הקרון (שמסתו 4 m) היא $3\frac{m}{s}$ שמאלה, ומהירויות הכדורים ביחס לכדור הארץ הן כמתואר בתרשים זה.
הסבר מדוע תרשים ג <u>אינו</u> יכול לתאר את מצב המערכת (הכדורים והקרון) לאחר שהתרחשו בה רק התנגשויות אלסטיות. (9 נקודות)



תרשים ג

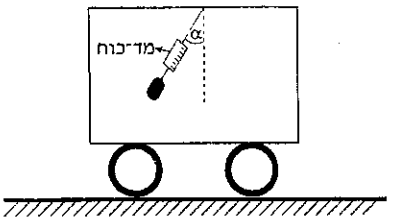
(2) בתרשים ד הקרון נמצא במנוחה ומהירויות הכדורים הן כמתואר בתרשים זה.
הסבר מדוע תרשים ד <u>אינו</u> יכול לתאר את מצב המערכת לאחר שהתרחשו בה רק התנגשויות אלסטיות. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים ד

.3

מכונית נוסעת על כביש ישר ואופקי בתאוצה קבועה. משקולת שמסתה m תלויה על דינמומטר (מד־כוח) שקשור באמצעות חוט לתקרת המכונית, כמתואר בתרשים א. מסות הדינמומטר והחוט זניחות ביחס למסה של המשקולת. המשקולת נמצאת במנוחה ביחס למכונית, והזווית בין החוט לבין האנך לתקרה היא α .



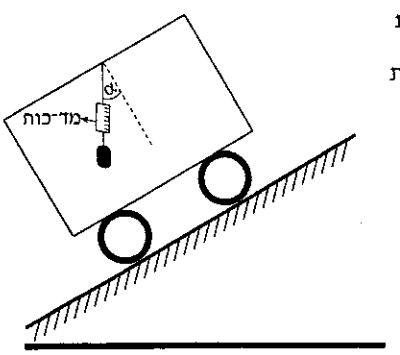
תרשים א

א. האם הכוח השקול הפועל על המשקולת שווה לאפס? אם כן — נמק.
אם לא — ציין מהו כיוון הכוח השקול. (7 נקודות)

ב. האם הכוח שהדינמומטר מראה קטן מ־ mg , גדול מ־ mg או שווה ל־ mg? נמק.
(10 נקודות)

ג. האם כיוון התנועה של המכונית יכול להיות:
(1) ימינה? נמק. (5 נקודות)
(2) שמאלה? נמק. (5 נקודות)

ד. בשלב מסוים של תנועתה, המכונית נוסעת על כביש ישר במעלה גבעה במהירות קבועה. גם במצב זה הזווית בין החוט לבין האנך לתקרת המכונית היא α (תרשים ב).
האם הכוח שהדינמומטר מראה קטן מ־ mg , גדול מ־ mg או שווה ל־ mg ? נמק.
($6\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים ב

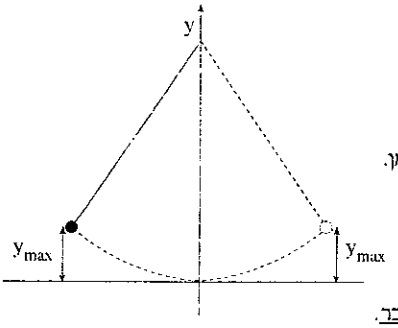
4. תלמיד מדד את זמני המחזור (T) של מטוטלות פשוטות בעלות אורכים שונים (ℓ). כל אחת מן המטוטלות התנודדה בזוויות קטנות. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

אורך המטוטלת ℓ (m)	זמן המחזור T (s)
0.2	0.90
0.4	1.25
0.6	1.55
0.8	1.80
1.0	2.00

א. סרטט גרף מתאים, שבעזרתו תוכל לחשב את תאוצת הנפילה החופשית.
רשום בטבלה את שיעורי הנקודות שעל־פיהן סרטטת את הגרף. (15 נקודות)

ב. חשב על־פי הגרף את תאוצת הנפילה החופשית. ($13\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. עבור המטוטלת שאורכה 1.0 m וזמן המחזור שלה הוא 2.0 s, מדד התלמיד את הרכיב האנכי y (ראה תרשים) של מקום המשקולת כפונקציה של הזמן. התלמיד גילה כי מתקבלת פונקציה מחזורית.



מהו זמן המחזור של פונקציה זו? הסבר.
(5 נקודות)

5. א. נער חיבר קפיץ A לקיר, ומשך אותו בכוח של 20 N. הקפיץ התארך ב־ 0.4 m. סרטט גרף המתאר את הכוח, F, שהקפיץ מפעיל על הנער כפונקציה של התארכותו, Δℓ, כאשר הכוח משתנה מ־ F = 0 ל־ F = 20 N.
הנח כי קבוע הקפיץ אינו משתנה ומסתו ניתנת להזנחה. (10 נקודות)

ב. על סמך הגרף שסרטטת, מצא את העבודה שעשה הנער במהלך מתיחת הקפיץ.
(10 נקודות)

ג. שני נערים אוחזים בשני קצותיו של הקפיץ A, וכל אחד מהם מושך אותו בכוח של 20 N.

האם התארכות הקפיץ במצב זה תהיה שונה מזו שבסעיף א? הסבר. (7 נקודות)

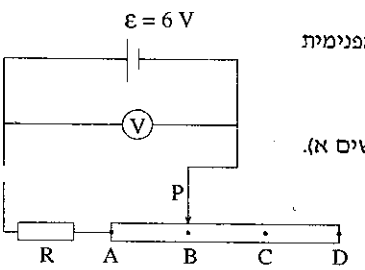
ד. הנער חיבר קפיץ B לקיר, ומשך אותו בכוח של 20 N . הקפיץ התארך ב־ 0.5 m .
לאחר שהנער הרפה מהקפיץ B הוא חיבר לקצה החופשי שלו את הקפיץ A ,
ומשך את הקצה החופשי של קפיץ A בכוח של 20 N . הנח כי גם קבוע הקפיץ B
אינו משתנה ומסתו ניתנת להזנחה.
מה יהיה סך כל ההתארכות של הקפיצים המחוברים? הסבר. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

חלק ב' – חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 – 6.

6.

מקור מתח, שהכא"מ שלו הוא 6 V והתנגדותו הפנימית אינה ידועה, מחובר לנגד שהתנגדותו R ולנגד משתנה AD . הנגדים מחוברים בטור (ראה תרשים א). הנקודות B ו־ C מחלקות את הנגד המשתנה לשלושה קטעים שהתנגדותם שווה.



תרשים א

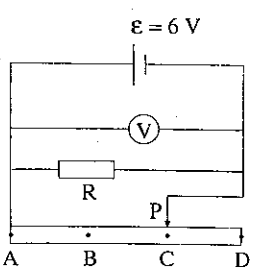
כאשר מחברים את המגע הנייד P ל־ A , מראה הוולטמטר מתח של 5 V , וכמות החום שנוצרת בנגד R במשך 30 s היא 300 J . כאשר מעבירים את המגע הנייד לנקודה B , מראה הוולטמטר 5.5 V .
(התנגדות הוולטמטר גדולה מאוד.)

א. חשב את התנגדות הנגד R . (10 נקודות)

ב. חשב את ההתנגדות הפנימית של המקור. (6 נקודות)

ג. מהי ההתנגדות המרבית של הנגד המשתנה? (10 נקודות)

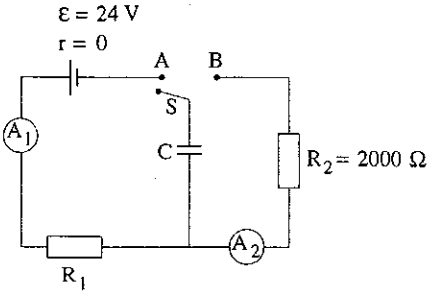
ד. מחברים את הנגד המשתנה במקביל לנגד R (ראה תרשים ב), ומעבירים את המגע מ־ D ל־ C , אחר־כך ל־ B ואחר־כך ל־ A .
האם המתח שמראה הוולטמטר ילך ויגדל, ילך ויקטן או לא ישתנה? הסבר. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים ב

.7

בתרשים א מתואר מעגל חשמלי המאפשר טעינה ופריקה של קבל. התנגדות האמפרמטרים זניחה.

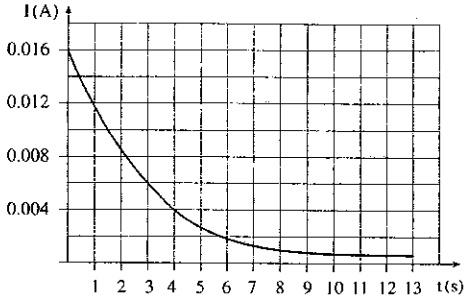


תרשים א

א. מחברים את המתג S ל־A .
מהו המתח על הקבל C.
לאחר זמן רב? (5 נקודות)

ב. לאחר זמן רב מעבירים את המתג S מ־A ל־B .
מהו הזרם המרבי שיראה האמפרמטר A_2 ? (6 נקודות)

ג. תרשים ב שלפניך מתאר את הזרם שנמדד על־ידי אחד האמפרמטרים כפונקציה של הזמן.



תרשים ב

האם הגרף שבתרשים ב עשוי להתאים לזרם שנמדד על־ידי האמפרמטר A_1 או לזרם שנמדד על־ידי האמפמטר A_2 ? נמק. (6 נקודות)

ד. חשב את קיבול הקבל C . (11 נקודות)

ה. מחליפים את הקבל C בקבל אחר שקיבולו גדול יותר וחוזרים על הניסוי.
האם השטח, המוגבל על־ידי הגרף שבתרשים ב ועל־ידי הצירים, גדל, קטן או אינו משתנה? נמק. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

8. תלמיד רצה למדוד את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. לשם כך הוא בנה סילונית שבה צפיפות הליפופים (מספר הליפופים ליחידת אורך) היא $\frac{N}{\ell} = 79\ m^{-1}$. הוא שם מצפן במרכז הסילונית, וסובב אותה עד שציר הסילונית היה בכיוון מאונך למחט המצפן. התלמיד חיבר בטור אל הסילונית נגד משתנה, אמפרמטר ומקור מתח. הוא הזרים זרמים שונים במעגל החשמלי, ובכל פעם מדד את עוצמת הזרם I (במיליאמפר) ואת זווית הסטייה α של מחט המצפן מכיוון צפון. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

tan α	α (°)	I (mA)
0.14	8	50
0.29	16	100
0.44	24	150
0.58	30	200
0.73	36	250

א. סרטט תרשים של המעגל החשמלי. ($3\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. סרטט גרף של tan α כפונקציה של I. (8 נקודות)

ג. סרטט את כיווני השדות המגנטיים הפועלים על מחט המצפן (במצב שבו עובר זרם במעגל החשמלי). סמן בתרשים זה את הכיוון צפון ואת הזווית α. (7 נקודות)

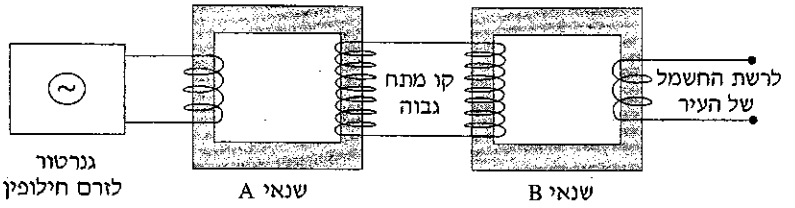
ד. (1) פתח ביטוי ל־ tan α כפונקציה של I.

(2) חשב בעזרת הגרף, שסרטטת בסעיף ב, את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.

(11 נקודות)

ה. התלמיד הציב את המצפן בקצה הסילונית והזרים בה זרם. זווית הסטייה של מחט המצפן מכיוון צפון הייתה שונה מזווית הסטייה שהייתה במצב שבו המצפן היה במרכז הסילונית. הסבר מדוע השתנתה זווית הסטייה של מחט המצפן. (4 נקודות)

9. גנרטור בתחנת כוח מייצר מתח חילופין, שערכו האפקטיבי הוא 20,000 V, בהספק של 2×10^6 W. הגנרטור מחובר לשנאי A, שמתח היציאה שלו מסופק לקו מתח גבוה. התנגדות קו המתח הגבוה היא 10 Ω, וזורם בו זרם שערכו האפקטיבי הוא 40 A. בקרבת עיר מסוימת קו המתח הגבוה מחובר לשנאי B, שמתח היציאה שלו מתאים לרשת החשמל של העיר (ראה ציור).



א. הסבר מהו עקרון פעולתו של גנרטור לזרם חילופין. (7 נקודות)

ב. מהי משמעות המשפט "הערך האפקטיבי של מתח החילופין הוא 20,000 V" ?

(7 נקודות)

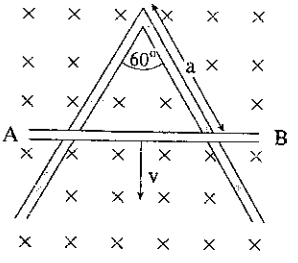
ג. כיצד נוצר הזרם בסליל משני של שנאי? (7 נקודות)

ד. הסבר מדוע משתמשים בשנאי לצורך העברת חשמל למרחקים גדולים.

(7 נקודות)

ה. חשב איזה אחוז מהווה האנרגיה, ה"אובדת" במשך שנייה בקו המתח הגבוה, מהאנרגיה המסופקת על־ידי הגנרטור במשך שנייה. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)

10. מוט נחושת ארוך הכפוף בזווית בת 60° נמצא במישור אופקי. שדה מגנטי אחיד שעוצמתו $B = 0.5\ T$ מאונך למישור המוט. מוט נחושת ארוך AB נע על פני המוט הכפוף כך שהמוטות יוצרים בכל רגע משולש שווה־צלעות.



ברגע $t = 0$ אורך צלע המשולש הוא $a = 0.1\ m$.

מהירות המוט AB היא קבועה וגודלה $v = 0.3\ \frac{m}{s}$ (ראה תרשים).

ההתנגדות ליחידת אורך של מוטות הנחושת היא $\lambda = 0.1\ \frac{\Omega}{m}$.

א. האם הכא"מ המושרה הנוצר בין נקודות המגע, שבין המוט הנע למוט הכפוף, נשאר קבוע עם הזמן? נמק. ($8\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. מצא את הכא"מ המושרה ברגע $t = 4\ s$. (15 נקודות)

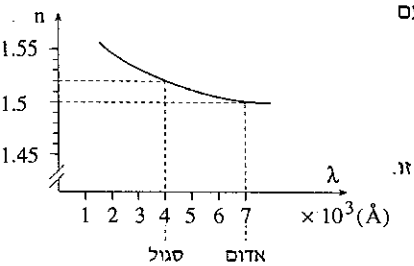
ג. מצא את עוצמת הזרם במוטות ברגע $t = 4\ s$. (10 נקודות)

חלק ג' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

11. א. מקדם השבירה n בזכוכית משתנה עם אורך הגל λ של האור, כפי שמתאר הגרף שלפניך. תאר תופעה פיזיקלית שאפשר להסביר אותה על־ידי עובדה זו.

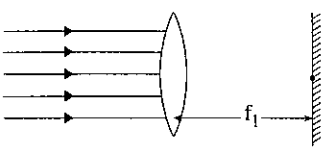


(10 נקודות)

ב. (1) האם יש הבדל בין מהירות האור האדום בריק לבין מהירות האור הסגול בריק? (5 נקודות)

(2) האם יש הבדל בין מהירות האור האדום בזכוכית לבין מהירות האור הסגול בזכוכית? הסבר. (10 נקודות)

ג. נתונה עדשה מרכזת שעשויה מזכוכית. מקרינים על העדשה אלומה מקבילה של אור אדום באורך גל של 7000 Å .

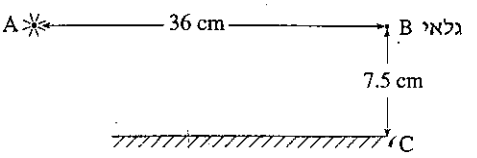


האור מתמקד על מסך הנמצא במרחק f_1 מהעדשה (ראה תרשים). מחליפים את מקור האור האדום במקור אור סגול שאורך הגל שלו הוא 4000 Å . האור מתמקד עכשיו במרחק f_2 מהעדשה.

(1) האם יש לקרב או להרחיק את המסך, כדי לקבל נקודה של אור סגול על המסך? נמק. (10 נקודות)

(2) מצא את היחס $\frac{f_1}{f_2}$. (15 נקודות)

12. מקור גלים נקודתי A פולט גלי מיקרו, שאורך הגל שלהם הוא $\lambda = 3\ cm$.
במרחק 36 cm מהמקור נמצא גלאי B . לוח מתכת המקביל ל־ AB משמש מראָה לגלי המיקרו. קצה C של לוח זה נמצא במרחק 7.5 cm מהגלאי, כמתואר בתרשים שלפניך.



לוח מתכת

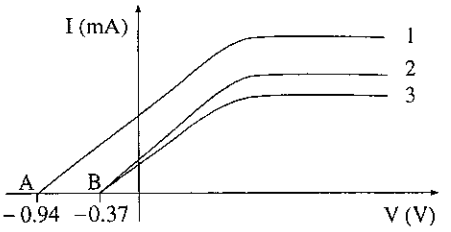
א. מה צריך להיות האורך המינימלי של לוח המתכת כדי שגלי המיקרו, היוצאים מ־ A ופוגעים בלוח, יגיעו לגלאי B ? הסבר. (12 נקודות)

ב. גל מיקרו שנפלט מהמקור A פוגע בלוח המתכת, ומוחזר ממנו עם מופע הפוך לגל הפוגע. הראה כי בגלאי מתקבלת עוצמת קרינה מינימלית. (24 נקודות)

ג. משנים בהדרגה את אורך הגל המופק ממקור הקרינה A .
מצא שני אורכי גל, אורך גל אחד קטן מ־ 3 cm ואורך גל שני גדול מ־ 3 cm ,
שעבורם תתקבל בגלאי B עוצמת קרינה מקסימלית. (14 נקודות)

פרק שני - פיסיקה מודרנית

13. התרשים שלפניך מתאר תוצאות ניסויים שבוצעו עם תא פוטואלקטרי מסוים ושני מקורות אור בעלי עוצמת אור קבועה, שאינה משתנה במהלך הניסוי. מקור אחד פולט אור באורך גל 4358 Å , והאחר – באורך גל 5461 Å .



א. העתק למחברתך את הטבלה שלפניך, ורשום לכל עקומה את אורך הגל המתאים לה. הסבר את קביעתך. (12 נקודות)

מספר העקומה	אורך הגל
1	
2	
3	

ב. חשב בעזרת אחת העקומות את אנרגיית הקשר (פונקציית העבודה) של הפולט בתא הפוטואלקטרי. (12 נקודות)

ג. עבור זוג העקומות המתאימות לניסויים עם אותו אורך גל, קבע באיזו מהן היה המרחק בין המקור לתא גדול יותר. הסבר. (12 נקודות)

ד. מחליפים את התא בתא אחר עם פולט שאנרגיית הקשר שלו קטנה יותר, וחוזרים על הניסויים.

(1) האם נקודת החיתוך של כל עקומה עם הציר האופקי V תזוז ימינה, שמאלה או תישאר במקומה? הסבר. (7 נקודות)

(2) האם ישתנה אורך הקטע AB — המרחק שבין נקודות החיתוך של העקומות עם הציר האופקי V ? הסבר. (7 נקודות)

.14

גרעין נפטוניום, Np , מתפרק התפרקות רדיואקטיבית לגרעין פרוטאקטיניום, Pa .

גרעין פרוטאקטיניום מתפרק התפרקות רדיואקטיבית לגרעין אורניום, $^{233}_{92}U$.

ידוע גם כי מספר המסה של גרעין פרוטאקטיניום שווה לזה של גרעין אורניום,

והמספר האטומי של נפטוניום הוא 93 .

א. (1) מהו המספר האטומי של גרעין פרוטאקטיניום, Pa ? הסבר.

(2) מהו מספר המסה של גרעין נפטוניום, Np ? הסבר.

(16 נקודות)

ב. לגרעין נפטוניום, Np , זמן מחצית חיים של 2×10^6 שנים.

חשב את הפעילות (מספר ההתפרקויות לשנייה) של מדגם שנמצאים בו 2×10^{15} גרעינים כאלה. (15 נקודות)

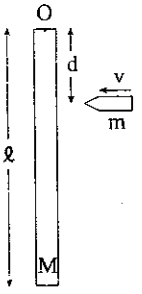
ג. בהנחה שכל הנפטוניום שהיה על כדור הארץ מקורו בזמן ההיווצרות של כדור הארץ, לפני כ־ 4×10^9 שנים, הראה מדוע אי־אפשר למצוא נפטוניום טבעי על פני כדור הארץ. (12 נקודות)

ד. בהתפרקות רדיואקטיבית סכום מסות התוצרים קטן ממסת גרעין האב.

הסבר כיצד קשורה עובדה זו לאנרגיה הקינטית של התוצרים. (7 נקודות)

פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

15. מוט אחיד שמסתו $M = 0.5\ kg$ ואורכו $\ell = 1\ m$, תלוי בקצהו העליון על ציר O (ראה תרשים). קליע שמסתו $m = 0.035\ kg$ פוגע במוט במהירות אופקית שגודלה $v = 80\ \frac{m}{s}$, בנקודה הנמצאת במרחק $d = 0.3\ m$ מתחת לציר. הקליע נתקע במוט ונעצר בו. החיכוך בין המוט לציר ניתן להזנחה.

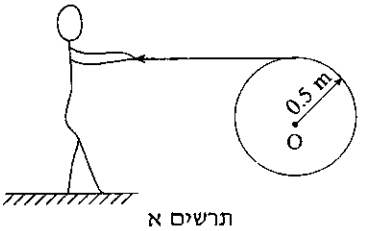


א. חשב את מומנט ההתמדה של המוט עם הקליע שבתוכו ביחס לציר הסיבוב O. (15 נקודות)

ב. חשב את המהירות הזוויתית של המוט עם הקליע שבתוכו מיד לאחר הפגיעה. (20 נקודות)

ג. חשב את זמן המחזור של תנודות המוט עם הקליע שבתוכו. (15 נקודות)

16. גליל אחיד, שרדיוסו $0.5\ m$, מותקן על ציר אופקי O, כמתואר בתרשים א. סביב הגליל כרוך חוט שמסתו זניחה. החל מרגע $t = 0$ אדם מושך את החוט בכוח קבוע שגודלו $30\ N$. הגליל מתחיל להסתובב ממנוחה, ועד רגע $t = 4\ s$ הוא משלים 2 סיבובים. הזנח את החיכוך בין הציר לבין הגליל.



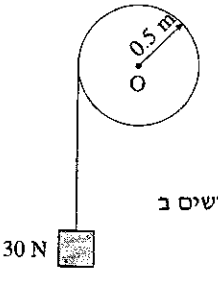
תרשים א

א. חשב את התאוצה הזוויתית של הגליל. (10 נקודות)

ב. חשב את מומנט ההתמדה של הגליל. (15 נקודות)

ג. האם הכוח שהפעיל האדם על החוט מבצע עבודה? אם לא – הסבר מדוע. אם כן – מצא את עבודת הכוח מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 4\ s$. (10 נקודות)

ד. על החוט שכרוך סביב הגליל תולים משקולת שמשקלה $30\ N$ (ראה תרשים ב). האם התאוצה הזוויתית של הגליל תהיה קטנה יותר מזו שהייתה לגליל כאשר האדם משך את החוט בכוח של $30\ N$, גדולה ממנה או שווה להּ נמק. (15 נקודות)



תרשים ב

פרק רביעי – זרם חילופין

שים לב: המתחים והזרמים ניתנים בערכים אפקטיביים

.17

שלושה רכיבים חשמליים, I , II ו־ III , מחוברים בטור למקור מתח חילופין, שהתנגדותו הפנימית זניחה ותדירותו ניתנת לשינוי.

המתח הנמדד על רכיב I הוא 12 V , והוא מקדים את הזרם בזווית מופע של 53° .

המתח הנמדד על רכיב II הוא 12 V , והוא מפגר ב־ 90° אחרי הזרם.

המתח הנמדד על רכיב III הוא 12 V , והוא באותו מופע כמו הזרם.

א. מהו כל אחד מהרכיבים I , II ו־ III ? (15 נקודות)

ב. חשב את מתח המקור. (15 נקודות)

ג. (1) חשב את זווית המופע בין מתח המקור לזרם במעגל.

(2) סרטט דיאגרמת מתחים, וסמן בה את זווית המופע שחישבת.

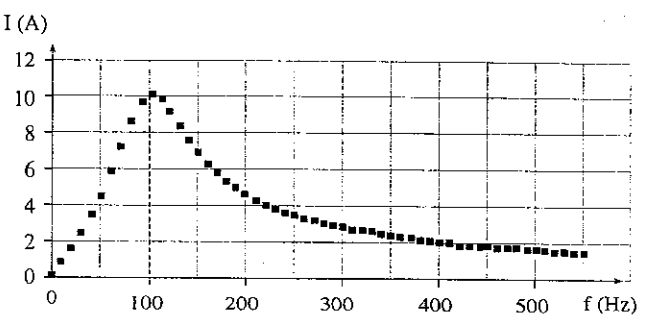
(10 נקודות)

ד. במעגל הנתון הגדילו את תדירות המקור f_1 לתדירות f_2 . אמפרמטר שחובר למעגל הראה אותו זרם בשתי התדירויות. הסבר תופעה זו. (10 נקודות)

.18

קבל שקיבולו 10^{-3} F וסליל לא־אידאלי מחוברים בטור למקור מתח חילופין בעל ערך קבוע של 12 V ותדירות הניתנת לשינוי.

לפניך גרף המתאר את הזרם במעגל כפונקציה של התדירות.



א. חשב את ההתנגדות האומית של הסליל. (10 נקודות)

ב. חשב את השראות הסליל. (10 נקודות)

ג. חשב את המתח על הקבל ואת המתח על הסליל, כאשר התדירות שווה ל־ 100 Hz . (15 נקודות)

ד. האם הסכום האלגברי של המתחים שחישבת בסעיף ג שווה למתח המקור? הסבר.

(8 נקודות)

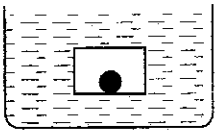
ה. הסבר במילים מדוע כאשר התדירות היא אפס גם עוצמת הזרם היא אפס.

(7 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים

19.

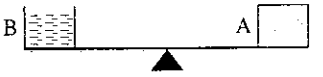
א. קופסה אטומה ובתוכה כדור ברזל מרחפת בברֵכת מים (תרשים א). מוציאים את כדור הברזל מן הקופסה, מדביקים אותו לתחתית הקופסה האטומה (מחוץ לקופסה), ומשחררים את הקופסה בתוך מי הברֵכה (מים אינם חודרים אל הקופסה).



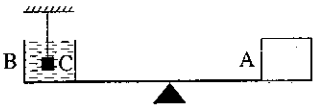
תרשים א

האם הקופסה (עם הכדור מבחוץ) תצוף, תשקע או תמשיך לרחף? נמק. (15 נקודות)

ב. מאזני־כפות מאוזנים כאשר על כף אחת מונחת משקולת A ועל הכף השנייה מונח כלי B ובתוכו מים, כמתואר בתרשים ב.



תרשים ב



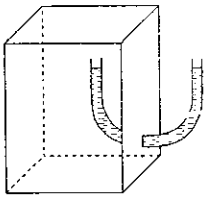
תרשים ג

טובלים במים שבכלי B משקולת C מברזל. המשקולת תלויה בקצה חוט, שקצהו העליון קשור לנקודה קבועה, ואינה נוגעת בקרקעית של כלי B (תרשים ג).

האם המאזניים יישארו מאוזנים? אם כן — נמק. אם לא — הסבר איזו כף תרד.

(20 נקודות)

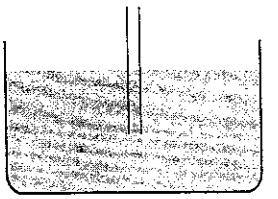
ג. בתוך צינור U יש מים. מכניסים את הזרוע השמאלית של הצינור לקופסה אטומה (תרשים ד). ברגע מסוים החלה לנשוב רוח אופקית חזקה מעל פני המים שבזרוע הימנית של הצינור. מרגע זה פני המים בשתי זרועות הצינור לא היו בגבהים שווים.



תרשים ד

באיזו זרוע של הצינור (הימנית או השמאלית) היו פני המים גבוהים יותר? הסבר. (15 נקודות)

.20 כדי למדוד את הלחץ האטמוספרי, הכניס תלמיד צינור דק באורך 80 cm לתוך כלי עם כספית, כך שהצינור טבול בכספית עד מחצית אורכו. הצינור פתוח בשני קצותיו (ראה תרשים).



א. התלמיד סתם את הקצה העליון של הצינור באצבעו והוציא את הצינור מהכלי. כספית טפטפה מהצינור עד שגובה עמוד הכספית ירד ל- 24 cm . חשב את הלחץ האטמוספרי P_a ואת הלחץ P_1 של האוויר שכלוא בחלק העליון של הצינור, לאחר הוצאת הצינור מן הכספית. בטא את תשובותיך ב- $\frac{N}{m^2}$.
השתמש לפתרון שאלה זו בערך מספרי $g = 9.8\ \frac{m}{s^2}$ בשביל תאוצת הנפילה החופשית. צפיפות הכספית היא $\rho = 13,600\ \frac{kg}{m^3}$. (35 נקודות)

ב. לאחר שגובה עמוד הכספית בצינור ירד ל- 24 cm , הרים התלמיד את הצינור במאונך ובתאוצה קבועה (כשהקצה העליון סתום). האם השתנה גובה עמוד הכספית בצינור? הסבר. (15 נקודות)

פרק שישי - תרמודינמיקה

.21 א. ציין שתיים מבין ההנחות שעליהן מבוסס הפיתוח של משוואת המצב של גז אידאלי. (10 נקודות)

בכלי שנפחו $0.3\ m^3$ יש 5×10^{24} אטומי ארגון ו- 5×10^{24} אטומי הליום.
המסה האטומית של ארגון היא 40 u , וזו של הליום היא 4 u .
טמפרטורת הגז בכלי היא $27^\circ C$. הנח כי הגז בכלי הוא גז אידאלי.

ב. חשב את לחץ הגז בכלי. (10 נקודות)

ג. (1) חשב את האנרגיה הקינטית הממוצעת של אטום ארגון בכלי. (10 נקודות)
(2) חשב את מהירותו של אטום ארגון, שהאנרגיה הקינטית שלו היא כמו זו שחישבת בסעיף ג (1). (10 נקודות)

ד. בכלי נפער חריר וגז דולף מהכלי. הסבר מדוע כעבור זמן־מה היו בכלי יותר אטומי ארגון מאטומי הליום. (10 נקודות)

.22 א. קיבול חום מולרי בנפח קבוע של גז אידאלי מסוים הוא $c_v = \frac{7}{2}R$.

מהו קיבול החום המולרי של הגז בלחץ קבוע? (10 נקודות)

ב. הוכח, בעזרת החוק הראשון של התרמודינמיקה ומשוואת המצב של הגזים

(בלי להשתמש בנוסחה $T_1V_1^{\gamma-1} = const$), כי בתהליך אדיאבטי הפיך בגז הנזכר

בסעיף א מתקיים: $\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{2}{7}}$. (25 נקודות)

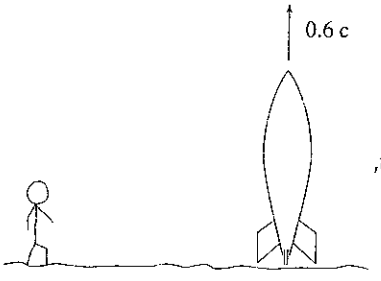
<u>הנחיה:</u> $\int_{T_1}^{T_2} \frac{1}{T}dT = \ln\frac{T_2}{T_1}$ ובאופן דומה עבור V .

ג. הגז הנזכר בסעיף א נדחס באופן אדיאבטי, כך שנפחו קטן פי 2 .

חשב פי כמה יגדל הלחץ של הגז. (15 נקודות)

פרק שביעי - יחסות פרטית

.23



צופה הניצב על הקרקע רואה חללית הממריאה מכדור הארץ במהירות קבועה של 0.6 c ברגע $t = 0$, על־פי שעונו (ראה תרשים).

א. בזמן $t = 6\times10^{-4}s$, על־פי שעון הצופה, מדד הצופה את גובה החללית מעל פני כדור הארץ.

חשב את התוצאה שקיבל. (10 נקודות)

ב. השתמש בנוסחת התארכות הזמן, וחשב כמה זמן עבר על טייס החללית (על־פי שעונו), מרגע השיגור עד שהצופה ביצע את מדידתו. (10 נקודות)

ג. הסבר כיצד קבעת מהו Δt_o בנוסחת התארכות הזמן. (5 נקודות)

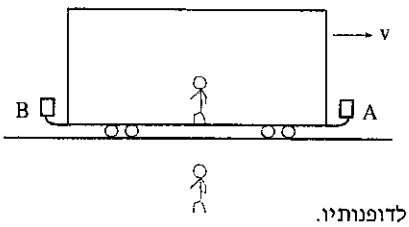
ד. השתמש בנוסחת התקצרות האורך, וחשב מהו גובה החללית מעל פני כדור הארץ מבחינת טייס החללית ברגע המדידה ($t = 6\times10^{-4}s$) . (10 נקודות)

ה. הסבר כיצד קבעת מהו ℓ_o בנוסחת התקצרות האורך. (5 נקודות)

ו. זמן־מה אחרי המראת החללית, ממריאה באותו כיוון חללית נוספת במהירות קבועה של 0.4 c .

חשב את המהירות היחסית בין החלליות. (10 נקודות)

.24 בקרון רכבת יתסותית, שאורכו (העצמי) 30 מטר, נמצא צופה (ראה תרשים). הצופה מתאר את המתרחש בעזרת מערכת צירים 'S הנעה עם הקרון, שראשיתה במרכז הקרון וציריה מקבילים לדופנותיו.



הצופה נמצא ב־ $x' = 0$. על הקרקע נמצא צופה אחר המתאר את המתרחש בעזרת מערכת צירים S שציריה מקבילים לאלה של המערכת 'S . הקרון נע במהירות $v = 0.6\,c$ בכיוון x ביחס למערכת S . הרגע $t = t' = 0$ מוסכם על שני הצופים כרגע שבו הם היו זה מול זה. ברגע $t' = 0$ נדלקו שתי נורות A ו־ B המותקנות בקצות הקרון (ראה תרשים).

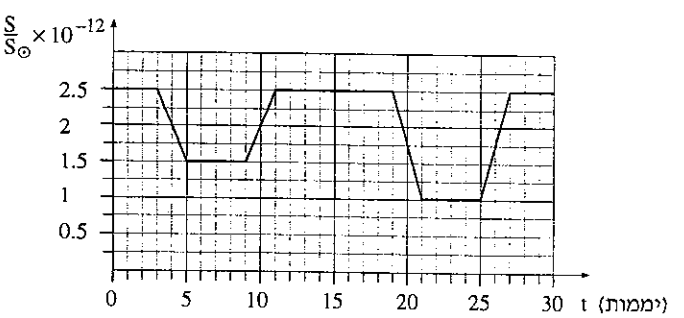
א. רשום את הערכים של x'_A , t'_A , x'_B , t'_B , המתארים את שני המאורעות (כלומר, הידלקות הנורות) ביחס לצופה שברכבת. (16 נקודות)

ב. חשב את הערכים של x_A , t_A , x_B , t_B , המתארים אותם שני מאורעות ביחס לצופה שעל הקרקע. (20 נקודות)

ג. האם המאורעות הם חד־זמניים עבור כל אחד משני הצופים? הסבר. (14 נקודות)

פרק שמיני - אסטרופיסיקה

.25 בתצפית שנעשתה בכוכב כפול נתקבלו נתוני הקרינה שלו על פני כדור הארץ.
הגרף שלפניך מתאר את היחס בין שטף הקרינה S של הכוכב הכפול לשטף הקרינה $S_\odot$ של השמש, כפונקציה של הזמן.
נמצא שרדיוסי הכוכבים שווים בקירוב.



א. (1) הסבר מדוע יש ירידות בשטף הקרינה היחסי של הכוכב הכפול.

(2) כיצד אפשר להסביר את ההבדל בשטף הקרינה היחסי שבפרק הזמן 5-9 יממות לבין זה שבפרק הזמן 21-25 יממות?

(20 נקודות)

ב. על סמך נתוני הגרף, מצא את זמן המחזור, שבו משלים כל כוכב סיבוב ביחס למרכז המסה של הכוכב הכפול. (10 נקודות)

ג. נמצא כי בהירות אחד הכוכבים שווה לבהירות השמש, $L_\odot$, ובהירות הכוכב השני היא $1.5\ L_\odot$.

היעזר בנתוני הגרף, ומצא את מרחק הכוכב הכפול מכדור הארץ ביחידות אסטרונומיות (AU). (20 נקודות)

.26

א. הסבר מהו נר תקני באסטרונומיה, וכיצד נעזרים בו לשם מדידת מרחקים.

(10 נקודות)

ב. (1) ציין מה הם הגדלים <u>התצפיתיים</u>, שמהם אפשר לחשב את מהירות הגלקסיה ואת מרחקה לשם חישוב קבוע האבל.

(2) מדוע קשה לקצוב את ערכו המדויק של קבוע האבל?

(12 נקודות)

ג. אורך הגל של קו ספקטרלי מסוים הוא 6563 Å. תצפיות בגלקסיה הראו שקו ספקטרלי זה הוסט ל- 7000 Å.

חשב את מרחק הגלקסיה מכדור הארץ. הנח $H_0 = 75\ \frac{km}{Mpc \cdot s}$. (20 נקודות)

ד. הסבר מדוע אין להשתמש בנוסחה של האבל לחישוב מרחקים של כוכבים בגלקסיה שלנו (שביל החלב). (8 נקודות)

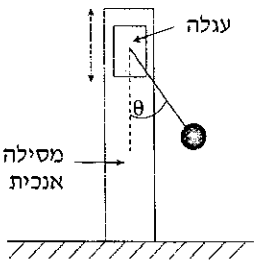
פרק תשיעי - כאוס

27.

עגלה נמצאת על מסילה אנכית.

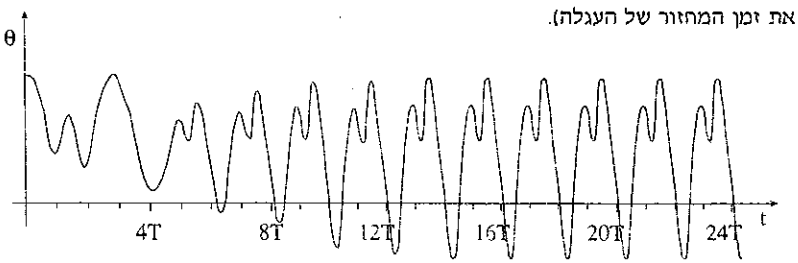
את העגלה מזיזים מטה ומעלה בתנועה הרמונית פשוטה, שהמשרעת שלה היא A וזמן המחזור שלה הוא T.

לעגלה קשורה מטוטלת. מסיטים את המטוטלת מהכיוון האנכי (ראה תרשים א) ומשחררים אותה ברגע $t = 0$.



תרשים א

תרשים ב מתאר את הזווית θ שבין המטוטלת לכיוון האנכי כפונקציה של הזמן t (T מייצג בתרשים את זמן המחזור של העגלה).



תרשים ב

א. החל מרגע $t = 0$ מודדים כל T שניות את הזווית θ של המטוטלת.

הערכים $\theta_0 , \theta_1 , \theta_2 \ldots \theta_{18} , \theta_{19} \ldots$ הם הערכים של זווית המטוטלת בזמנים $0 , T , 2T \ldots 18T , 19T \ldots$ בהתאמה.

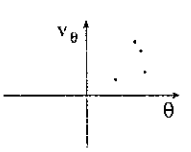
לפניך שלוש קביעות, 1-3. עבור כל אחת מהקביעות קבע אם היא נכונה או לא נכונה, ונמק את קביעתך. (15 נקודות)

1. $\theta_{17} = \theta_{18}$
2. $\theta_{17} = \theta_{19}$
3. $\theta_0 = \theta_2$

ב. מגדילים את משרעת התנודות של העגלה מ־ A ל־ A'.

(זמן המחזור T אינו משתנה.)

כעבור זמן ארוך מאוד ביחס ל־ T מודדים כל T שניות את הזווית θ ואת המהירות הזוויתית v_θ של המטוטלת. תרשים ג מייצג מדידות אלה במרחב המופע.



תרשים ג

(1) במה שונה תנועת המטוטלת במקרה של משרעת 'A מתנועת המטוטלת במקרה של משרעת A ?

(2) אם שוב נשחרר את המטוטלת מזווית התחלתית מאוד קרובה לקודמת, האם יהיו שינויים בתרשים ג ? הסבר.

(20 נקודות)

ג. מגדילים את המשרעת מ־ 'A ל־ "A , כך שתנועת המטוטלת היא כאוטית.

(זמן המחזור T אינו משתנה.)

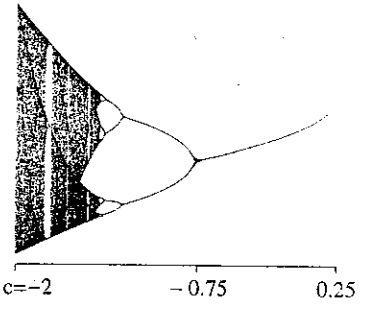
(1) מודדים כל T שניות את הזווית θ ואת המהירות הזוויתית v_θ של המטוטלת. מה יהיה ייצוג התנועה במרחב המופע?

(2) עבור המשרעת "A קיבלו את מסלול המטוטלת בהדמיית מחשב. האם המסלול בהדמיית מחשב זהה לחלוטין למסלול במציאות, דומה לו או שונה ממנו לחלוטין? הסבר.

(15 נקודות)

.28

התרשים שלפניך מתאר התפצלויות של משפחת המיפויים $f(x) = x^2 + c$.



א. (1) חשב את נקודות השבת של המיפוי עבור $c = 0$.

(2) אילו מנקודות השבת שחישבת הן נקודות מושכות? נמק.

(3) האם x_n שווה לערך של המושך x^* לכל n , כאשר מתחילים מ־ x_0 השייך לאגן המשיכה של הנקודה המושכת? הסבר.

(12 נקודות)

ב. נתון ערך התחלתי x_0 . מבצעים איטרציות בעזרת המיפוי $f(x) = x^2 + c$

סרטט גרף איכותי של $x_n(n)$ עבור:

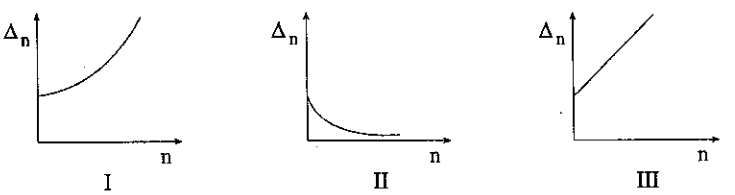
(1) $c = -0.8$.

(2) $c = -1.9$.

(14 נקודות)

ג. שני תלמידים מתחילים את האיטרציות בעזרת המיפוי $f(x) = x^2 + c$ מתנאי התחלה קרובים, x_0 ו־ x'_0 . יהיה $\Delta_n = |x'_n - x_n|$.

לפניך שלושה גרפים I-III של Δ_n כפונקציה של n .



איזה מהגרפים I-III מתאים ל:

(1) $c = -1$?

(2) $c = -1.93$?

(10 נקודות)

ד. נניח שהתפתחותה של מערכת פיזיקלית מתוארת על־ידי המיפוי $x_{n+1} = x_n^2 + c$.

x_n מסמל את מיקום המערכת בזמן n , ו־ c הוא פרמטר של מערכת זו שיכול להשתנות.

(1) תן דוגמה לערך של c , שעבורו אפשר לחזות את מצבה של המערכת לטווח ארוך.

(2) תן דוגמה לערך של c , שעבורו אי־אפשר לחזות את מצבה של המערכת לטווח ארוך.

(14 נקודות)

מעבדת חקר – חקירת תכונות של מעגל חשמלי הכולל נגד משתנה

רשימת הציוד:

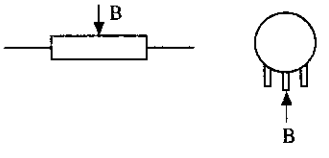
1. **לוחית מבוددת**, שעליה:

* מסומנים שלושה הדקים A, B ו־C; ההדקים A ו־C מחוברים אל תיילי הולכה, שבקצותיהם מַחְבֵּר המאפשר חיבורם לסוללה;
* מותקן נגד משתנה סיבובי; כאשר מסובבים את הציר של הנגד המשתנה — המגע הנייד (המכונה "זחלן" או "גררה") נע על־פני הנגד המשתנה. המגע הנייד של הנגד מחובר אל ההדק B, המסומן גם בתרשים 1.
* מותקן נגד שהתנגדותו קבועה; נסמן את התנגדותו ב־R_1;
* רצועות מתכת בצבע כסף המשמשות להולכת זרם חשמלי;
* מודפס מעגל, ובו שנתות למדידת זוויות (משמש כמד־זווית). במרכז המעגל נמצא ציר הסיבוב של הנגד המשתנה.

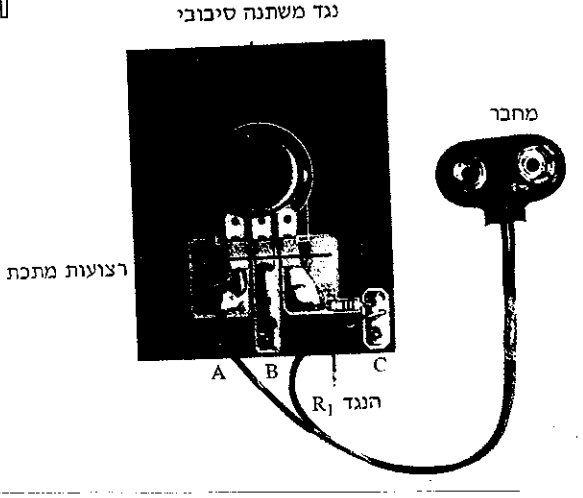
בעמוד 3 מופיע תצלום של צד אחד של הלוחית.

2. **סוללה** של 9 וולט;
3. **נגד** שהתנגדותו קבועה. נסמן את התנגדותו ב־R_2;
4. **מהדק קפיצי**;
5. **פס נייר בריסטול**.
6. **מד־מתח** ושני תיילי הולכה, המשמשים לחיבור מד־המתח למעגל חשמלי. בקצות התיילים מחוברים "מצבטי תנין" (מד־המתח ושני התיילים מסופקים על־ידי ביה"ס).

תרשים 1 מתאר את הנגד המשתנה הסיבובי ואת סימונו בסרטוט של מעגל חשמלי.



תרשים 1

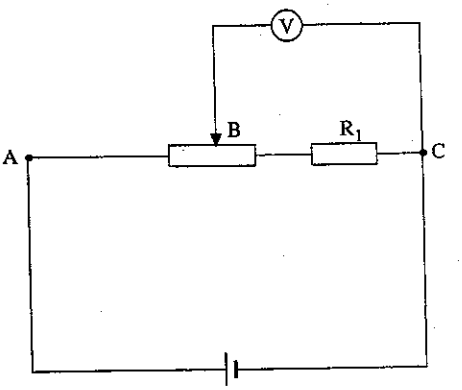


ניסוי א (65 נקודות)

בניית המערכת הניסויית (10 נקודות)

1. א. חבר את הסוללה אל התיילים המחוברים להדקים A ו־C . חבר את מד־המתח אל ההדקים B ו־C (הדק את מצבטי התנין המחוברים למד־המתח להדקים B ו־C).

בתרשים 2 מתואר המעגל החשמלי המתאים.



תרשים 2: תרשים המעגל החשמלי

ב. סובב את הציר של הנגד המשתנה, ועקוב אחר הוראת מד־המתח.
סובב את הציר עד שהוראת מד־המתח תהיה מזערית.

יתכן כי בנגד המשתנה שברשותך מתרחשת התופעה הזו: כאשר המגע הנייד נמצא בקרבת כל אחד משני קצות הנגד— קיים תחום שכאשר תסובב בו מעט את הציר, הוראת מד־המתח לא תשתנה כמעט.

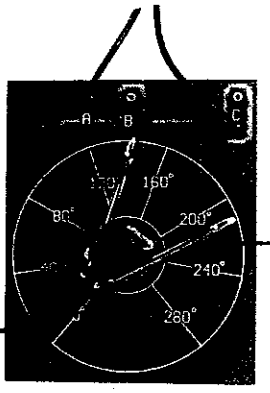
התעלם משינויים קטנים בסדר גודל של מאיות וולט.

אם תופעה זו **אינה** מתרחשת בנגד המשתנה שברשותך, כלומר הוראת מד־המתח עולה מיד עם התחלת סיבוב הציר, החזר את הציר למצב שבו מד־המתח מראה מתח מזערי, **ועבור לסעיף ג' שלהלן.**

אם התופעה המתוארת לעיל מתרחשת בנגד המשתנה שברשותך, סובב את הציר עד לקצה שבו הוראת מד־המתח היא מזערית. סובב באיטיות את הציר במגמה הפוכה, עד למצב שבו הוראת מד־המתח תתחיל לעלות. במצב זה הפסק לסובב את הציר, בדיוק בנקודה שבה המתח מתחיל לעלות.

ג. כעת, בלי לסובב את הציר, הקף את הציר בפס נייר הבריסטול (פריט 5 ברשימת הציוד), כך שפס הנייר יהיה מעט מעל מד־הזווית.
הדק את פס הנייר אל הציר, באמצעות המהדק הקפיצי, כך שקצה פס הנייר יצביע על השֶׁנֶת אפס של מד־הזווית (תרשים 3). מעתה נכנה את המצב הזה "מצב האפס" של ציר הנגד המשתנה, ואת פס הנייר נכנה "מחוג".

תרשים 3



ביצוע ניסוי א (25 נקודות)

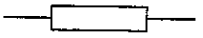
הערה: במהלך הניסויים, כאשר הנך מסובב את הציר, הקפד שפס נייר הבריסטול יהיה מהודק היטב לציר, ולא יסתובב ביחס אליו.

(5 נק') **.2** התנגדות הוולטמטר שברשותך היא מסדר גודל של $10^7\ \Omega$, ולמעשה היא אינסופית ביחס להתנגדויות הנגדים האחרים במעגל החשמלי. התבונן במעגל החשמלי המסורטט בתרשים 2, והסבר מדוע המתח החשמלי בין הנקודות A ו־C אינו משתנה בקירוב כאשר משנים את מקומו של המגע הנייד (מסובבים את הציר).

(5 נק') **.3** סובב את ציר הנגד המשתנה, ומדוד את המתח המזערי שמורה מד־המתח (נסמן מתח זה ב־ $V_{1\ min}$), ואת המתח המרבי שהוא מורה (נסמן מתח זה ב־ $V_{1\ max}$). רשום את ערכיהם:

$V_{1\ min}$ = _____ $V_{1\ max}$ = _____

(5 נק') **.4** בתרשים 4 מסורטט הנגד המשתנה עם שני הדקיו הקבועים. הוסף לתרשים את האות A ליד אחד ההדקים, ובהתאם לכך — את המגע הנייד במקומו הנכון, במצב שבו הוראת מד־המתח היא מזערית.



תרשים 4: הנגד המשתנה במצב שבו הוראת מד־המתח היא מזערית

(10 נק') **.5** כדי לחקור את הקשר בין זווית הסיבוב, α , של הציר (ביחס למצב האפס שלו), לבין הוראת מד־המתח, רשום בטבלה 1 את הערך שמורה מד־המתח (V) עבור כל ערך של α הנתון בטבלה. רשום יחידות במקומות המיועדים לכך בטבלה.

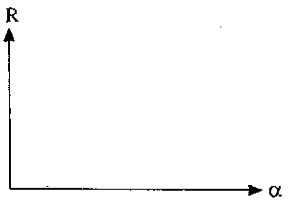
ניסוי א	
הזווית α ביחידות:____	**המתח V ביחידות:____**
0	
40	
80	
120	
160	
200	
240	

טבלה 1

ניתוח הממצאים, מסקנות ושאלות – ניסוי א (30 נקודות)

(10 נק') **6.** על־פי הערכים הרשומים בטבלה 1 , סרטט גרף של הוראת מד־המתח V כפונקציה של הזווית α *. סמן את הקו המתאים לנקודות כ"גרף א".

(10 נק') **7.** צייר בתרשים 5 גרף איכותי המתאר את ההתנגדות R של קטע המעגל שבין הנקודות C ו־B כפונקציה של הזווית α . (ללא ציון ערכים מספריים על הצירים).



תרשים 5

(10 נק') **8.** נתון כי ההתנגדות המרבית של הנגד המשתנה שברשותך היא 22 kΩ . חשב את ההתנגדות R_1 של הנגד הקבוע המחובר על־פני הלוחית.

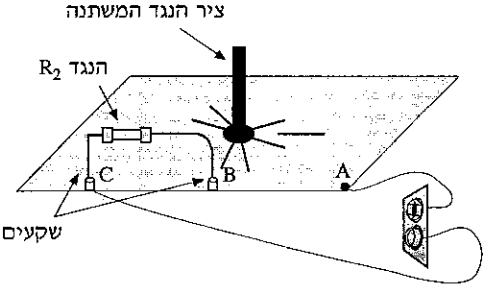
---

* סרטט את הגרף על הנייר המילימטרי שבעמוד 8 (בעמוד 12 יש נייר מילימטרי נוסף; תוכל להשתמש בו במקרה הצורך) או באמצעות גיליון אלקטרוני.
אם הנך משתמש בגיליון אלקטרוני, הקפד להדביק מדבקת נבחן על פלט המחשב ולצרף אותו למחברת הבחינה.

ניסוי ב (35 נקודות)

בניית המערכת הניסויית (5 נקודות)

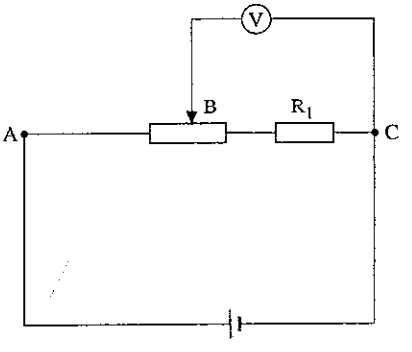
9. הוסף למעגל החשמלי שבנית בניסוי א את הנגד שהתנגדותו סומנה ב־R_2 (פריט 3 ברשימת הציוד); חבר אותו אל ההדקים B ו־C על־ידי השחלת קצותיו לשקעים הקטנים המחוברים להדקים B ו־C , כמתואר בתרשים 6.



תרשים 6: תרשים המעגל החשמלי הכולל את הנגד שהתנגדותו R_2

ביצוע ניסוי ב (15 נקודות)

(5 נק') 10. בתרשים 7 מתואר המעגל החשמלי שבניסוי א. הוסף לתרשים את הנגד שהתנגדותו R_2 .



תרשים 7

(5 נק') 11. סובב את הציר של הנגד המשתנה, מדוד את המתח המזערי שמורה מד־המתח (נסמן מתח זה ב־$V_{2\ min}$), ואת המתח המרבי שהוא מורה (נסמן מתח זה ב־$V_{2\ max}$). רשום את ערכיהם:

$V_{2\ max}$ = _____ $V_{2\ min}$ = _____

(5 נק') **12.** בטבלה 2 רשומים ערכים שונים של α .
רשום בטבלה את הערכים שמורה מד־המתח עבור כל ערך של α .

ניסוי ב	
הזווית α ביחידות:____	**המתח V ביחידות:____**
0	
40	
80	
120	
160	
200	
240	

טבלה 2

ניתוח הממצאים, מסקנות ושאלות – ניסוי ב (15 נקודות)

(5 נק') **13.** על־פי הערכים הרשומים בטבלה 2 , סרטט גרף של הוראת מד־המתח V כפונקציה של הזווית α . סמן אותו כ"גרף ב".

שים לב: סרטט את גרף ב באותה מערכת צירים שבה סרטטת את "גרף א".

(5 נק') **14.** נתון כי התנגדות מד־המתח שברשותך גדולה מאוד ביחס להתנגדות הנגד המשתנה, וביחס להתנגדות R_1.
נניח שהיית מבצע שוב את ניסוי א (שבו הנגד שהתנגדותו R_2 **אינו** מחובר למעגל החשמלי), אולם במקום מד־המתח היית מחבר מכשיר חשמלי שהתנגדותו קבועה, והיא מאותו סדר גודל של ההתנגדות R_1 .

האם, במקרה זה, הגרף המתאר את התלות בין המתח בקצות המכשיר החשמלי לבין זווית הסיבוב α של הציר יהיה דומה לגרף א או לגרף ב? נמק.

_____

_____

_____

(5 נק') **15.** התבונן במצבים שבהם מדדת את $V_{1\,min}$ ואת $V_{2\,min}$.
הסבר מדוע $V_{2\,min} < V_{1\,min}$, כלומר מדוע המתח המזערי במעגל החשמלי הכולל את הנגד שהתנגדותו R_2 (ניסוי ב) קטן מהמתח המזערי במעגל החשמלי ללא נגד זה (ניסוי א).

_____

_____

_____

תשובות סופיות - 1998

1. א. $v_{0.08} = 0.3875\ \frac{m}{sec}$ ב. $\Delta x = 0.073\ m$ ג. $a_{0.02} = 7.5\ \frac{m}{sec^2}$

3. ג. ימינה או שמאלה. ד. mg.

4. ב. $g = 9.87\ \frac{m}{sec^2}$ ג. זמן המחזור הוא 1 sec

5. ב. $W = 4\ J$ ג. זהה ד. $\Delta L = 0.9\ m$

6. א. $R = 2.5\ \Omega$ ב. $r = 0.5\ \Omega$ ג. $R_{AD} = 9\ \Omega$ ד. יקטן

7. א. 24 V ב. $I = 0.012\ A$ ג. A_1 ד. $C = 231\ \mu C$ ה. יגדל

8. ג. $tg(\alpha) = \frac{1.256\cdot 10^{-6}\cdot 79}{B_E}\cdot I$ ד. $B_E = 3.35\cdot 10^{-5}\ T$

9. ה. 0.8%

10. א. גדל ב. $I = 0.5\ A$

11. ב. (1) לא. (2) כן. ג. (1) לקרב (2) $\frac{f_{7000}}{f_{4000}} = 1.04$

12. א. 18 cm ג. 2 cm ; 6 cm

13. א. 1 ב. $B = 1.9\ eV$ ג. 3 ד. (1) שמאלה (2) ללא שינוי

14. א. 237 ב. $R = 22\ sec^{-1}$

15. א. $I = 0.17\ kg\cdot m^2$ ב. $\omega = 4.94\ \frac{rad}{sec}$ ג. $T = 1.6\ sec$

16. א. $\alpha = 1.57\ \frac{rad}{sec^2}$ ב. $I = 9.55\ kg\cdot m^2$ ג. $W = 188.5\ J$ ד. קטנה

17. א. I - השראתי עם התנגדות. II - קבל. III - נגד. ב. $V = 19.37\ V$
ג. הזרם מקדים את מתח המקור ב- 7.165^0 .

18. א. $R = 1.2\ \Omega$ ב. $L = 2.34\cdot 10^{-3}\ H$ ג. $V_L = 1.9\ V$ ד. לא

19. א. הקופסה תצוף ב. כף B תרד. ג. בימנית

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. מהירותו הרגעית של גוף היא בעצם מהירות ממוצעת של קטע זמן, כאשר הקטע שואף לאפס. מאחר ויש לנו נתונים רק בפרקי זמן הרחוקים זה מזה נחשב את המהירות הממוצעת:

$$\bar{v}=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1} \implies v_{0.08}=\frac{x_{0.10}-x_{0.06}}{0.10-0.06}=\frac{0.0278-0.0123}{0.10-0.06}=0.3875\ \frac{m}{sec}$$

ב. המרחק הוא השטח שמתחת לגרף (האינטגרל). נספור לשם כך את המשבצות. המספר הוא : $n = 146$.
כל משבצת היא של $0.05 \times 0.01 = 5\cdot10^{-4}m$, ולכן הדרך היא:
$\Delta x = n\cdot5\cdot10^{-4} = 146\cdot5\cdot10^{-4} = 0.073\ m$

ג. $$\bar{a}=\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{v_2-v_1}{t_2-t_1} \implies a_{0.02}=\frac{v_{0.02}-v_0}{0.02-0}=\frac{0.15-0}{0.02-0}=7.5\ \frac{m}{sec^2}$$

ד. התאוצה היא השיפוע של גרף המהירות כפונקציה של הזמן. מאחר והשיפוע הולך וקטן, כך גם התאוצה. (1)

ה. הכוח השקול פרופורציוני לתאוצה (רק מוכפל במסת הגוף) ולכן אם ידוע שהתאוצה קטנה, ברור שגם הכוח השקול קטן.

ו. מאחר והמהירות גדלה, כיוון הכוח השקול הוא בכיוון תנועת הגוף.

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. (1) התנע הכולל אינו שווה בשני התרשימים. תנע הוא ווקטור, היינו הוא בעל גודל וכיוון. כיוון התנע השקול בשני התרשימים שונה מאחר והשתנה כיוון התנועה של המסה m, ולכן התנע הכולל שונה.

(2) האנרגיה הכוללת שווה בשני התרשימים. אנרגיה כוללת היא סכום האנרגיות. אנרגיה קינטית של כל גוף תלויה רק בגודל המהירות שלו (ולא בכיוונה, כי אנרגיה היא סקלר). מאחר וגודל המהירות של שתי המסות נשאר, גם האנרגיה הקינטית נשארה כשהיתה.

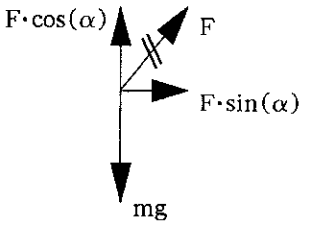
ב. (1) כאשר ההתנגשויות הן אלסטיות, האנרגיה הקינטית הכוללת חייבת להישמר. במקרה שלפנינו נוספה לסך האנרגיה של שני הכדורים גם אנרגיה קינטית לקרון, כך שהאנרגיה הקינטית הכוללת גדלה, בסתירה לחוק שימור האנרגיה.

(2) התנע הכולל לא נשמר. בכיוון Y התנע שהיה בתחילה אפס, גד. הציר X היה תנע שמאלה והוא "נעלם".

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. המשקולת נעה, יחד עם המכונית, בתאוצה קבועה, ולכן הכוח השקול עליה לא שווה לאפס.
כיוון הכוח השקול הוא בכיוון התאוצה, היינו ימינה.

ב. נסתכל על הכוחות הפועלים על המשקולת:



מאחר ובציר Y אין תאוצה, שקול הכוחות שווה לאפס:

$$\Sigma F_Y = 0 \implies F\cdot\cos(\alpha) - mg = 0 \implies F = \frac{mg}{\cos(\alpha)} > mg$$

הדינמומטר (F) מראה, לכן, כוח גדול יותר מ- mg.

ג. אין נתונים על כיוון התנועה, אלא רק על כיוון התאוצה, ולכן הכיוון יכול להיות ימינה או שמאלה.

ד. מכיוון שהמהירות קבועה שקול הכוחות שווה לאפס. הדינמומטר מאזן בדיוק את המשקל של הגוף, ולכן מראה כוח השווה ל- mg.

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. הקשר בין זמן המחזור T ובין אורך המטוטלת l ניתן במשוואה:

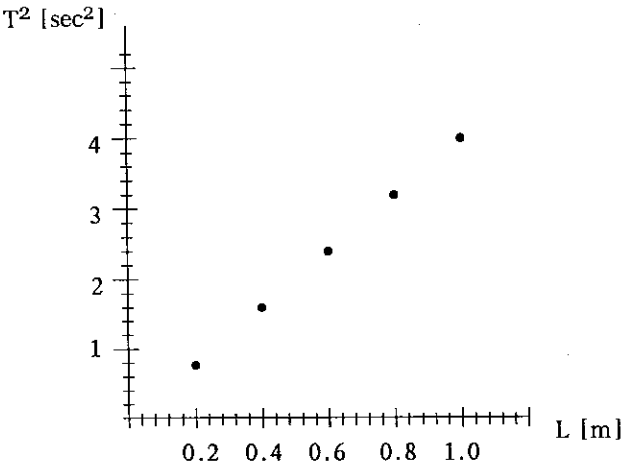
$$T^2 = 4\cdot\pi^2\cdot\frac{l}{g}$$

גרף של T^2 כפונקציה של l הוא קו ישר ששיפועו הוא $\frac{4\cdot\pi^2}{g}$.

נערוך, לכן, טכלה של T^2 לעומת l:

T [sec]	T^2 [sec^2]	l [m]
0.90	0.81	0.2
1.25	1.56	0.4
1.55	2.40	0.6
1.80	3.24	0.8
2.00	4.00	1.0

הגרף יראה כך:



ב. את התאוצה נחשב מן השיפוע:

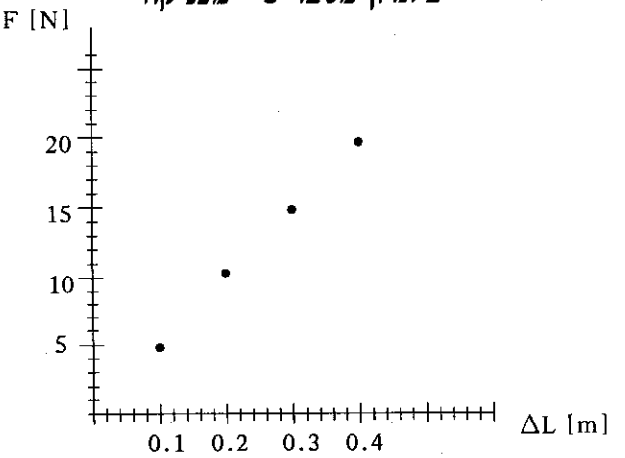
$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{4 - 0.81}{1.0 - 0.2} = 4\ \frac{sec^2}{m}$$

$$a = \frac{4\cdot\pi^2}{g} \quad \Longrightarrow \quad g = \frac{4\cdot\pi^2}{a} = \frac{4\cdot\pi^2}{4} = 9.87\ \frac{m}{sec^2}$$

ג. זמן המחזור הוא 1 sec (מחצית מזמן המחזור של המטוטלת) מכיוון שכל חצי מחזור מגיע הרכיב האנכי לערך מכסימלי.

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א.



ב. העבודה שווה לשטח שמתחת לגרף:

$$W = \frac{F_{max}\cdot\Delta L_{max}}{2} = \frac{20\cdot 0.4}{2} = 4\ J$$

ג. ההתארכות תהיה זהה. גם במצב הראשון פועל על הקפיץ כוח של 20 N מן הקיר.

ד. בחיבור שני קפיצים בטור מתקבל קפיץ שקול שקבוע הקפיץ שלו הוא:

$$K_{eff} = \frac{K_1 \cdot K_2}{K_1 + K_2}$$

קבועי הקפיצים הם:

$$K_A = \frac{F}{\Delta L} = \frac{20}{0.4} = 50\ \frac{N}{m} \quad ; \quad K_B = \frac{F}{\Delta L} = \frac{20}{0.5} = 40\ \frac{N}{m}$$

ולכן:

$$K_{eff} = \frac{50 \cdot 40}{50 + 40} = 22.22\ \frac{N}{m}$$

$$\Delta L = \frac{F}{K_{eff}} = \frac{20}{22.22} = 0.9\ m$$

(ניתן להסביר את התוצאה ישירות מן העובדה שהמתיחות בכל אחד מהקפיצים היא של 20 N ומכיוון שהאחד נמתח ב- 0.4 m והשני ב- 0.5 m, סך כל ההתארכות היא של 0.9 m .

פיתרון מספר 6 - חשמל

א. החום הנוצר בנגד במשך 30 sec נתון במשוואה:

$$W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t = \frac{U^2}{R} \cdot t \quad \Longrightarrow \quad R = \frac{U^2}{W} \cdot t = \frac{5^2}{300} \cdot 30 = 2.5\ \Omega$$

ב. הזרם במעגל הוא:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5}{2.5} = 2\ A$$

$$\epsilon = U + I \cdot r \quad \Longrightarrow \quad r = \frac{\epsilon - U}{I} = \frac{6 - 5}{2} = 0.5\ \Omega$$

ג.

$$\epsilon = U + I \cdot r \quad \Longrightarrow \quad I = \frac{\epsilon - U}{r} = \frac{6 - 5.5}{0.5} = 1\ A$$

$$R_{tot} = \frac{U}{I} = \frac{5.5}{1} = 5.5\ \Omega$$

$$R_{tot} = R + R_{AB} \quad \Longrightarrow \quad R_{AB} = R_{tot} - R = 5.5 - 2.5 = 3\ \Omega$$

$$R_{AD} = 3 \cdot R_{AB} = 3 \cdot 3 = 9\ \Omega$$

ד. המתח בוולטמטר ילך ויקטן.
ככל שהמגע נע מ- D ל- A, ההתנגדות של הנגד המשתנה הולכת וקטנה.
ככל שההתנגדות של הנגד המשתנה קטנה, קטנה גם ההתנגדות השקולה.
ככל שקטנה ההתנגדות השקולה גדל הזרם במעגל.
ככל שגדל הזרם במעגל קטן מתח ההדקים (יותר מתח על ההתנגדות הפנימית).
הוולטמטר, המראה את מתח ההדקים, יארה קריאה הולכת וקטנה.

פיתרון מספר 7

א. לאחר זמן רב כל המתח של מקור המתח הוא על הקבל, ולכן המתח על הקבל הוא של 24 V.

ב. הזרם המירבי הוא ברגע הראשון, כאשר המתח על הקבל הוא של 24 V.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24}{2000} = 0.012\ A$$

ג. התרשים עשוי להתאים לזרם הנמדד על ידי האמפרמטר A_1 מכיוון שהערך המכסימלי הוא של 0.016 A ולא של 0.012 A.

ד. נחשב את R_1:

$$I = \frac{U}{R} \Longrightarrow R_1 = \frac{U}{I_{max}} = \frac{24}{0.016} = 1500\ \Omega$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\tau} = \frac{\ln(2)}{RC} \quad \Longrightarrow C = \frac{\ln(2)}{R \cdot T_{1/2}}$$

את $T_{1/2}$ נמצא מהגרף: לאחר 2 שניות הגיע הזרם למחצית מערכו המכסימלי.

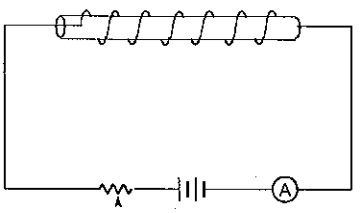
$$C = \frac{\ln(2)}{R \cdot T_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{1500 \cdot 2} = 2.31 \cdot 10^{-4} = 231\ \mu C$$

ה. השטח מתחת לגרף שווה למטען שהיה על הקבל: $Q = \int I\,dt$

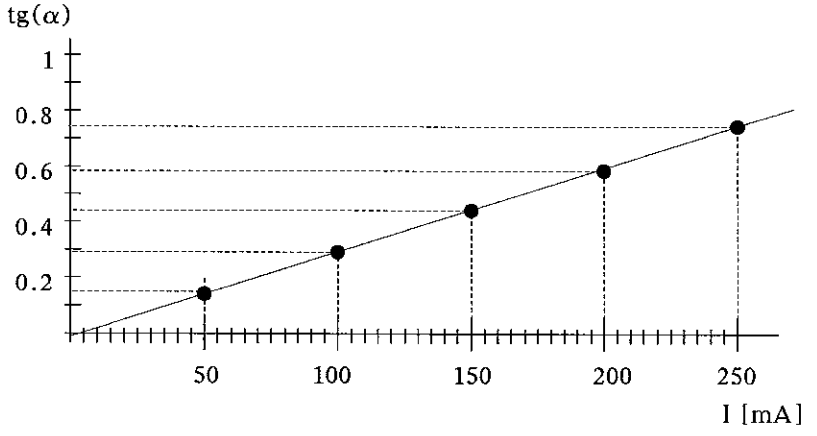
המטען על הקבל תלוי בקיבול. ככל שהקיבול גדול יותר, המטען גדול יותר, ולכן השטח מתחת לגרף יגדל.

פיתרון מספר 8 – חשמל

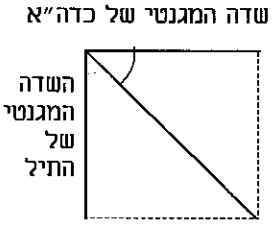
א. המעגל נראה כך:



ב.



ג. הזווית נוצרת בגלל השדה המגנטי השקול של כדור הארץ והסילונית.



ד. (1) השדה המגנטי של הסילונית הוא:

$$B_I = \mu_0 \cdot n \cdot I$$

$$tg(\alpha) = \frac{B_I}{B_E} = \frac{\mu_0 \cdot n \cdot I}{B_E}$$

$$tg(\alpha) = \frac{1.256 \cdot 10^{-6} \cdot 79}{B_E} \cdot I$$

(2) שיפוע הגרף של $tg(\alpha)$ כפונקציה של I שווה לכן ל- $\frac{9.9 \cdot 10^{-5}}{B_E}$.

$$a = \frac{0.73 - 0.14}{0.25 - 0.05} = 2.95\ A^{-1}$$

$$a = \frac{9.9 \cdot 10^{-5}}{B_E} \Longrightarrow B_E = \frac{9.9 \cdot 10^{-5}}{a} = \frac{9.9 \cdot 10^{-5}}{2.95} = 3.35 \cdot 10^{-5}\ T$$

ה. קווי השדה המגנטי אינם מקבילים לציר הסילונית בקצה הסילונית, ולכן עוצמת השדה המגנטי באיזור זה היא שונה.

פיתרון מספר 9 - חשמל

א. גנרטור של זרם חילופין יוצר כ.א.מ. מושרה על ידי תנועה יחסית בין שדה מגנטי ובין מסגרת מתכתית. תנועה זו יוצרת שינוי שטף מגנטי היוצר את הכ.א.מ. המושרה. אם שינוי השטף הוא סינוסואידלי, גם הכ.א.מ. המושרה שיווצר יהיה כזה.

ב. ההספק המיוצר על ידי הגנרטור, בממוצע על מחזור אחד, שווה להספק שהיה מיוצר במידה והיה מקור מתח ישר של 20,000 וולט.

ג. ההשראה המגנטית מוגבלת לליבת הברזל, ולכן נוצר שדה מגנטי גם בצידה השני. שדה מגנטי משתנה זה יוצר כ.א.מ. מושרה בסליל המשני.

ד. ככל שהמתח גבוה יותר, כך הזרם הזורם בקו נמוך יותר, מאחר וההספק נשאר קבוע. היתרון בזרם נמוך הוא שהאובדן לחום בגלל התנגדות חוטי הקו הוא נמוך יותר.

ה. האנרגיה האובדת בשניה בקו המתח הגבוה היא:

$W = I^2 \cdot R \cdot t = 40^2 \cdot 10 \cdot 1 = 16{,}000\ W$

אנרגיה זו היא חלק מהאנרגיה של $2 \cdot 10^6 J$ המסופקת על ידי הגנרטור כל שניה.

$$\frac{16{,}000}{2 \cdot 10^6} \cdot 100 = 0.8\%$$

פיתרון מספר 10 - חשמל

א. הכ.א.מ. המושרה גדל עם הזמן מאתר ואורך המוט הנע בשדה המגנטי גדל עם הזמן.

ב. הביטוי לכ.א.מ. המושרה הוא: $\epsilon = v \cdot B \cdot l$

נמצא ביטוי לאורך, התלוי בזמן: $l = a + \frac{v \cdot t}{\cos(30^0)}$

$$\epsilon = v \cdot B \cdot \left[a + \frac{v \cdot t}{\cos(30^0)}\right]$$

$$\epsilon_4 = 0.3 \cdot 0.5 \cdot \left[0.1 + \frac{0.3 \cdot 4}{\cos(30^0)}\right] = 0.22\ V$$

$$R = \lambda \cdot 3l = \lambda \cdot 3 \cdot \left[a + \frac{v \cdot t}{\cos(30^0)}\right] = 0.1 \cdot 3 \cdot \left[0.1 + \frac{0.3 \cdot 4}{\cos(30^0)}\right] = 0.44\ \Omega$$

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{0.22}{0.44} = 0.5\ A$$

פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

11. א. תופעת הנפיצה נגרמת על ידי שבירת אור לבן בזוויות שונות עקב מקדם שבירה שונה לכל אורך גל.

ב. (1) לא. בריק מהירויות כל הגלים האלקטרומגנטיים זהות.
(2) כן. מקדם השבירה הוא ביטוי ליחס בין מהירות האור בריק למהירותו בחומר.

ג. (1) ככל שמקדם השבירה גדול יותר, כך זווית השבירה גדולה יותר. מקדם השבירה של האור הסגול גדול יותר ממקדם השבירה של האור האדום, ולכן המוקד שהוא ייצור הוא קרוב יותר לעדשה. יש לקרב את המסך כדי לקבל נקודה של אור סגול על המסך.
(2) על פי נוסחת לוטשי העדשות, כאשר התווך מחוץ לעדשה הוא אוויר:

$$\frac{1}{f} = [n - 1]\cdot\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right]$$

מאחר ורדיוסי העקמומיות שווים:

$$\frac{1}{f_{4000}} = [n_{4000} - 1] = 1.52 - 1 = 0.52 \quad ; \quad \frac{1}{f_{7000}} = [n_{7000} - 1] = 1.5 - 1 = 0.5$$

$$\frac{f_{7000}}{f_{4000}} = \frac{0.52}{0.5} = 1.04$$

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בהירה - תורת האור והגלים

א. האורך המינימלי הוא מחצית מהמרחק בין הנקודות A ו- B, היינו 18 cm

ב. המרחק שעוברים הגלים הפוגעים בלוח המתכת הוא:

$$\overline{ACB} = 2\cdot\sqrt{7.5^2 + 18^2} = 39 \text{ cm}$$
$$\Delta x = \overline{ACB} - \overline{AB} = 39 - 36 = 3 \text{ cm}$$

הפרש הדרכים הוא בדיוק אורך גל אחד. אם לא היה היפוך מופע בהחזרה, היתה נוצרת התאבכות בונה, אבל בגלל התהפכות המופע תיווצר התאבכות הורסת.

ג. הפרש הדרכים הוא 3 cm. הפרש הדרכים צריך להיות מחצית מאורך הגל, או מספר שלם של אורכי גל בתוספת מחצית אורך גל.
אם אורך הגל הוא 2 cm, הרי הפרש הדרכים יהיה 1 cm שהוא מחצית מאורך הגל.
לעומת זאת, אם אורך הגל יהיה 6 cm, הרי הפרש הדרכים יהיה בדיוק מחצית מאורך הגל.

פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. עקומה 1 היא של הפוטונים בעלי האנרגיה הגבוהה יותר, מאחר ונזקקים למתח עצירה גדול יותר. פוטונים אלה הם באורך גל קצר יותר, ולכן הם של 4358 Å. עקומות 2 ו- 3 הם של אורך הגל השני הארוך יותר של 5461 Å

ב. ממתח העצירה נישב את האנרגיה הקינטית: $E_k\ (eV) = V = 0.94\ eV$

אנרגית הפוטון היא: $E_{ph}\ (eV) = \frac{12,400}{\lambda} = \frac{12,400}{4358} = 2.84\ eV$

$$E_k = E_{ph} - B \implies B = E_{ph} - E_k = 2.84 - 0.94 = 1.9\ eV$$

ג. המרחק גדול יותר בעקומה 3, ולכן מספר הפוטונים המגיע לתא קטן יותר, וזרם הרוויה קטן יותר.

ד. (1) אם אנרגית הקשר יותר קטנה, האנרגיה הקינטית של האלקטרונים המשתחררים תהיה גדולה יותר, ולכן ידרש מתח גדול יותר לעצור אותם. נקודת החיתוך עם הציר האופקי V, תזוז לכן שמאלה.
(2) אורך הקטע AB, מבטא את ההפרש בין בין אנרגיות הפוטונים הפוגעים ולכן לא ישתנה.

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. נרשום את הנתונים:

$$Np_{93} \implies Pa^{233} \implies U_{92}^{233}$$

ההתפרקות השניה היא התפרקות β מאחר ומספר המסה לא השתנה. בתהליך נויטרון הופך לפרוטון ואלקטרון (β) משתחרר. לכן מספר הפרוטונים גדל ב-1, ולפני התהליך היה מספר הפרוטונים (המספר האטומי) 91.

$$Pa_{91}^{233} \overset{\beta}{\implies} U_{92}^{233}$$

ההתפרקות הראשונה היא התפרקות α מאחר והמספר האטומי קטן ב-2 מ-93 ל- 91. מספר המסה קטן בהתפרקות α ב-4, ולכן מספר המסה של גרעין הנפטוניום הוא 237 :

$$Np_{93}^{237} \overset{\alpha}{\implies} Pa_{91}^{233}$$

ב. נחשב את קבוע הדעיכה:

$$\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{2\cdot10^6\cdot365\cdot24\cdot60\cdot60} = 1.1\cdot10^{-14}\,\text{sec}^{-1}$$

הפעילות היא: $R = \lambda\cdot N = 1.1\cdot10^{-14}\cdot2\cdot10^{15} = 22\ \text{sec}^{-1}$

ג. נחשב את היחס בין הכמות שיש היום לכמות שהיתה:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = e^{-1.1\cdot10^{-14}\cdot4\cdot10^9\cdot365\cdot24\cdot60\cdot60} \approx 0$$

ד. המסה הופכת לאנרגיה קינטית, על פי הקשר: $E = m\cdot c^2$

פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. מומנט ההתמד של המוט: $I = \frac{1}{12}\cdot ML^2 + M\left[\frac{L}{2}\right]^2 = \frac{1}{3}ML^2$

מומנט ההתמד הכולל:

$$I = \frac{1}{3}ML^2 + md^2 = \frac{1}{3}\cdot 0.5\cdot1^2 + 0.035\cdot0.3^2 = 0.17\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$$

ב. משימור התנע הזוויתי:

$$m\cdot v\cdot d = I\cdot\omega \implies \omega = \frac{m\cdot v\cdot d}{I} = \frac{0.035\cdot80\cdot0.3}{0.17} = 4.94\ \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

ג. נחשב את מרחק מרכז הכובד מציר הסיבוב:

$$s = \frac{\Sigma m_i y_i}{\Sigma m_i} = \frac{M\cdot\frac{1}{2} + m\cdot d}{M + m} = \frac{0.5\cdot0.5 + 0.035\cdot0.3}{0.5 + 0.035} = 0.49\ \text{m}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{(m+M)\cdot g\cdot s}} = 2\pi\sqrt{\frac{0.17}{(0.035 + 0.5)\cdot9.8\cdot0.49}} = 1.6\ \text{sec}$$

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

א. הנתונים הם: $\omega_o = 0\ ;\ t = 4\ \text{sec}\ ;\ \theta = 4\pi$

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \implies \alpha = \frac{2\cdot\theta}{t^2} = \frac{2\cdot4\cdot\pi}{4^2} = 1.57\ \frac{\text{rad}}{\text{sec}^2}$$

ב. $\tau = I\cdot\alpha \implies F\cdot r = I\cdot\alpha \implies I = \frac{F\cdot r}{\alpha} = \frac{30\cdot0.5}{1.57} = 9.55\ \text{kg}\cdot\text{m}^2$

ג. האדם מבצע עבודה מאחר והאנרגיה הקינטית של הגוף משתנה.

$$\omega = \omega_0 + \alpha t = 0 + 1.57\cdot 4 = 6.28\ \frac{rad}{sec}$$

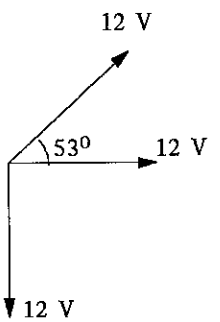
$$W = \Delta E = \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2 - \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega_0^2 = \frac{1}{2}\cdot 9.55\cdot 6.28^2 = 188.5\ J$$

ד. התאוצה הזוויתית תהיה קטנה יותר מאחר והמתיחות בחוט תהיה קטנה מ- 30 N.

פיתרון מספר 17 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. רכיב I הוא רכיב השראתי עם התנגדות. העובדה שיש סליל ברכיב נובעת מכך שהמתח מקדים את הזרם. העובדה שיש נגד ברכיב היא בגלל שההפרש במופע הוא לא 90^0.
רכיב II הוא קבל מאחר והזרם מקדים את המתח ב- 90^0.
רכיב III הוא נגד מאחר ואין הפרש מופע בין המתח והזרם.

ב. נשרטט את דיאגרמת המתחים:



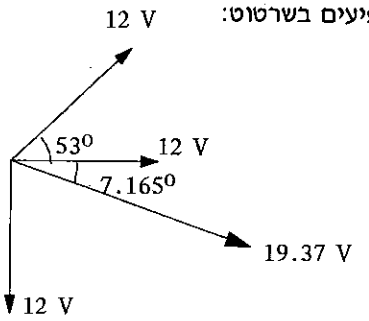
שקול המתחים הוא:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{[12 + 12\cdot\cos(53^0)]^2 + [12 - 12\cdot\sin(53^0)]^2} = 19.37\ V$$

ג. $$tg(\phi) = \frac{12\cdot\sin(53^0) - 12}{12 + 12\cdot\cos(53^0)} = -0.126 \implies \phi = -7.165^0 \qquad (1)$$

הזרם מקדים את מתח המקור ב- 7.165^0 .

(2) זווית המופע והמתח השקול מופיעים בשרטוט:



ד. לכל עכבה שקולה יש שתי תדירויות משני צידי תדירות התהודה, בה העכבה השקולה שווה.

פיתרון מספר 18 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. במצב של תהודה כל התנגדות המעגל היא התנגדות אוהמית. מצב התהודה הוא כאשר הזרם הוא מכסימלי.

$$I = \frac{V}{R} \implies R = \frac{V}{I} = \frac{12}{10} = 1.2\ \Omega$$

ב. נסתכל על נקודה אחת. למשל, $f = 400\ Hz\ ;\ I = 2\ A$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{12}{2} = 6\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2} \implies Z^2 - R^2 = \left[\omega L - \frac{1}{\omega C}\right]^2$$

$$L = \frac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega} + \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{\sqrt{6^2 - 1.2^2}}{2\pi \cdot 400} + \frac{1}{4\pi^2 \cdot 400^2} = 2.34 \cdot 10^{-3}\ H$$

ג. נחשב את המתח על הקבל:

$$V_C = I \cdot X_C = I \cdot \omega C = I \cdot 2\pi \cdot f \cdot C = 10 \cdot 2\pi \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 6.28\ V$$

$$V_L = I \cdot Z_L = I \cdot \sqrt{R_L^2 + [\omega L]^2} = 10 \cdot \sqrt{1.2^2 + [2\pi \cdot 100 \cdot 2.34 \cdot 10^{-3}]^2} = 1.9\ V$$

ד. לא, מכיוון שהסכום הוא סכום וקטורי.

ה. כאשר התדירות היא אפס והמתח הוא ישר, מהווה הקבל נתק, ולכן הזרם שווה לאפס.

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. הקופסה תצוף. הסיבה היא שכוח העילוי שווה למשקל הנוזל שנדחה. כמות הנוזל שנדחה גדולה יותר כאשר הכדור בחוץ מאחר והנפח הוא נפח הקופסה בתוספת נפח הכדור. המשקל הכולל לא השתנה (משקל האויר זניח) ולכן כוח העילוי גדול עכשיו מן המשקל.

ב. כף B תרד. הסיבה היא שעל המשקולת פועל כוח עילוי. התגובה לכוח זה הוא כוח שמפעילה המשקולת על המיים המתווסף למשקל המונח על כף B.

ג. המים יהיו גבוהים יותר בזרוע הימנית. הסיבה היא שעל פי משוואת ברנולי ככל שהמהירות גדולה יותר כך הלחץ קטן יותר.

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. נסמן את הנפח והלחץ הראשוניים בעמוד הכספית ב- P_0 ו- L_0 (נשתמש באורכים מכיוון ששטח החתך קבוע ומצטמצם)

הנתונים הם: $P_0 = P_a \quad ; \quad L_0 = 0.4\ m \ ; \quad L_1 = 0.24\ m$

מחוק בויל:

$$P_0 \cdot L_0 = P_1 \cdot L_1 \implies P_a \cdot 0.4 = P_1 \cdot 0.24$$

שוויון הלחצים הוא:

$$P_1 = P_a + \rho \cdot g \cdot h = P_a + 13{,}600 \cdot 9.8 \cdot 0.24 = P_a + 31{,}987$$

$$P_a \cdot 0.4 = (P_a + 31{,}987) \cdot 0.24 \implies P_a = 47{,}980.5\ \frac{N}{m^2}$$

ב. גובה עמוד הכספית השתנה כי שקול הכוחות אינו שווה לאפס (תאוצה).

בחינת בגרות ל-4 ו- 5 יחידות 1999

חלק א' - מכניקה

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 5 - 1.

1. תלמיד שחרר קרונית מהקצה העליון של משטח משופע חסר חיכוך. מרגע מסוים, המוגדר כ- $t = 0$, הוא מדד את מקומה של הקרונית במרווחי זמן של $0.02\ s$. ברגע $t = 0$ מהירות הקרונית אינה שווה בהכרח לאפס. ציר המקום, x , נבחר כך שראשיתו בנקודה שבה נמצאת הקרונית ברגע $t = 0$, וכיוונו החיובי הוא בכיוון תנועת הקרונית. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך.

זמן t (s)	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12
מקום x (m)	0	0.009	0.020	0.033	0.048	0.065	0.084

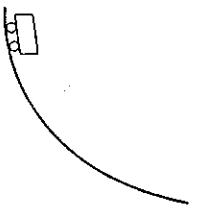
א. חשב, על־פי הטבלה בלבד, את מהירות הקרונית ברגע $t = 0.06\ s$.
פרט את חישוביך (אל תסתמך בחישוביך על תאוצה קבועה לקרונית). (8 נקודות)

ב. חשב את מהירות הקרונית ברגעים $t = 0.02\ s$, $0.04\ s$, $0.08\ s$, $0.10\ s$.
אינך נדרש בסעיף זה לפרט את החישובים. (4 נקודות)

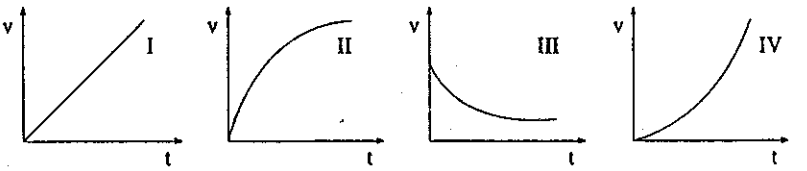
ג. הצג בטבלה את תוצאות החישובים של חמש המהירויות שחישבת בסעיפים א ו- ב, וסרטט גרף של מהירות הקרונית כפונקציה של הזמן. (9 נקודות)

ד. האם תאוצת הקרונית קבועה? אם כן — חשב אותה.
אם לא — הסבר כיצד קבעת זאת. (7 נקודות)

ה. הפעם הקרונית יורדת במסלול עקום לאחר ששוחררה ממנוחה, כמתואר בתרשים שלפניך. הנח שאין חיכוך בין הקרונית למסלול.

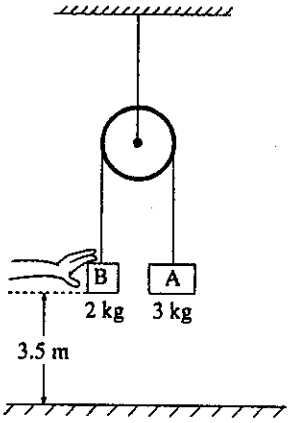


אחד מבין הגרפים I-IV שלפניך מתאר את גודל מהירות הקרונית כפונקציה של הזמן. מהו הגרף הנכון? הסבר. ($5\frac{1}{3}$ נקודות)



.2

שני גופים A ו־ B , שמסתם $m_1 = 3\ kg$ ו־ $m_2 = 2\ kg$ בהתאמה, קשורים זה לזה באמצעות חוט הכרוך סביב גלגלת. ניתן להזניח את מסת החוט ואת כל כוחות החיכוך.



א. החל מרגע $t = 0$ עד רגע $t = 2\ s$ אדם מחזיק בגוף B , כך ששני הגופים נמצאים במנוחה בגובה 3.5 מטר מעל הרצפה (ראה תרשים).

חשב את מתיחות החוט במצב שבו הגופים מוחזקים במנוחה. (8 נקודות)

ב. מרגע $t = 2\ s$ עד רגע $t = 4\ s$ האדם מפעיל על גוף B כוח שגודלו 15 N וכיוונו כלפי מטה.

(1) חשב את גודל תאוצת הגופים מרגע $t = 2\ s$ עד רגע $t = 4\ s$.

(2) חשב את מתיחות החוט מרגע $t = 2\ s$ עד רגע $t = 4\ s$.

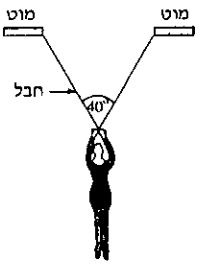
(13 נקודות)

ג. ברגע $t = 4\ s$ האדם מרפה מגוף B .

חשב את גודל תאוצת הגופים לאחר הרגע $t = 4\ s$. (6 נקודות)

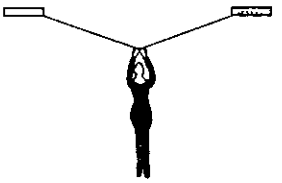
ד. חשב את המרחק המינימלי בין גוף B לרצפה. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

3. א. לוליינית בקרקס, שמסתה 50 kg , נתלתה על חבל הקשור בקצותיו לשני מוטות, כמתואר בתרשים א. המרחקים מנקודת האחיזה של הלוליינית בחבל עד למוטות שווים. הזווית שבין שני חלקי החבל שווה ל- 40°. ניתן להזניח את מסת החבל. חשב את מתיחות החבל. ($13\frac{1}{3}$ נקודות)



תרשים א

ב. את המוטות שבתרשים א ניתן לקרב זה אל זה (בכיוון אופקי), כמתואר בתרשים ב, או להרחיקם זה מזה, כמתואר בתרשים ג.
הלוליינית נִתלית על החבל פעם כשהמוטות קרובים ופעם כשהמוטות רחוקים.
באחד המצבים החבל נקרע, והלוליינית נפלה לרשת ביטחון.
באיזה מצב (תרשים ב או תרשים ג) החבל נקרע? הסבר. (10 נקודות)


תרשים ג

תרשים ב

ג. במקרה אחר, נתלתה הלוליינית על חבל הקשור בקצהו העליון רק לאחד המוטות, כמתואר בתרשים ד. כאשר הורם המוט אנכית במהירות קבועה (ובאִטיות), החבל לא נקרע. אולם כאשר הורם המוט בתאוצה כלפי מעלה, החבל נקרע.
מדוע החבל נקרע כאשר המוט הורם בתאוצה? (10 נקודות)

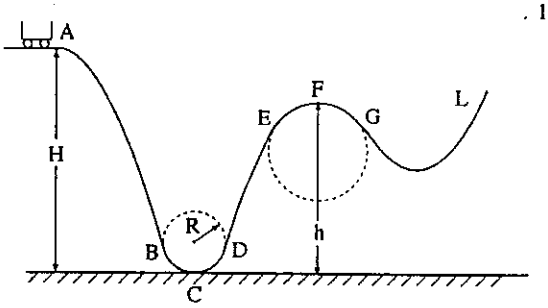
תרשים ד

4. המסילה ACFL שבתרשים מתארת "רכבת הרים" בלונה פארק. תלמיד נכנס לקרונית בנקודה A. הוא הציב מאזניים על כיסא שבקרונית, והתיישב על המאזניים כך שכפות רגליו אינן נוגעות ברצפת הקרונית.

לאחר מכן בנקודה A הוא שחרר מידו אבן בגובה H מעל הקרקע. האבן נפלה נפילה חופשית והגיעה לקרקע 3 שניות לאחר שחרורה.

התלמיד יצא לדרכו מ־ A במהירות התחלתית השווה לאפס. לקרונית אין מנוע, והיא נעה על המסילה ללא חיכוך, בלי להינתק ממנה.

בנקודה A הראו המאזניים על משקל mg , ובנקודה C (פני הקרקע) הם הראו 10mg .



א. חשב את הגובה H של הנקודה A מעל הקרקע. (6 נקודות)

ב. חשב את מהירות הקרונית בנקודה C . (8 נקודות)

ג. קטע המסילה BCD הוא קשת של מעגל שרדיוסו R . חשב את R . (12 נקודות)

ד. קטע המסילה EFG הוא קשת של מעגל. הנקודה F נמצאת בגובה h מעל הקרקע. נתון כי $H > h$.

האם בנקודה F הוריית המאזניים גדולה מ־ mg , קטנה מ־ mg או שווה ל־ mg ? נמק. ($7\frac{1}{3}$ נקודות)

5. א. בטבלה שלפניך רשומים נתונים על ארבעה ירחים של כוכב הלכת צדק.

הנח שהירחים נעים במסלולים מעגליים.

הירח	רדיוס מסלול $\times 10^5$ km	זמן מחזור (ימים)
ירח מספר 1	4.22	1.77
ירח מספר 2	6.71	3.55
ירח מספר 3	10.7	7.16
ירח מספר 4	18.83	16.69

הראה כי ארבעה ירחים אלה מקיימים את החוק השלישי של קפלר.

(שים לב: לא נדרש לשנות יחידות.) (11 נקודות)

ב. רוצים להכניס לוויין למסלול מעגלי סביב כוכב הלכת צדק, שרדיוס מסלולו יהיה 10^5 km. חשב מה יהיה זמן המחזור של תנועת לוויין זה. ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

ג. בטא את המסה M של כוכב הלכת צדק באמצעות זמן מחזור T ורדיוס מסלול r של אחד מירחיו (אינך נדרש להציב מספרים). (8 נקודות)

ד. לוויין נע במסלול מעגלי שרדיוסו 10^5 km סביב כוכב לכת שונה מצדק.

האם זמן המחזור שלו יהיה שווה לזמן המחזור שחישבת בסעיף ב? הסבר.

(8 נקודות)

חלק ב' - חשמל

עליך לענות על שלוש מחמש השאלות 10 - 6.

6. ילד רוצה להפעיל צעצוע חשמלי באמצעות סוללות זהות העומדות לרשותו. לכל אחת מהסוללות כא"מ של 1.5 V והתנגדות פנימית של 100 Ω . ההתנגדות החשמלית של הצעצוע היא 20 Ω .

א. הילד חיבר לצעצוע סוללה אחת. חשב את הזרם העובר במעגל החשמלי של הצעצוע.

($5\frac{1}{3}$ נקודות)

ב. נצילות המעגל החשמלי מוגדרת כיחס בין ההספק המופק בצעצוע לבין ההספק המושקע במעגל כולו. הראה כי נצילות המעגל, שבו סוללה אחת מחוברת לצעצוע, היא $\frac{1}{6}$. (8 נקודות)

ג. כדי שהצעצוע יפעל "חזק יותר", וכדי להגדיל את הנצילות, הילד מחבר לצעצוע שתי סוללות המחוברות בטור (במקום הסוללה האחת).

(1) חשב את הזרם בצעצוע במצב זה.

(2) הראה כי נצילות המעגל, שבו שתי סוללות מחוברות בטור, אף נמוכה מנצילות המעגל, שבו רק סוללה אחת הייתה מחוברת לצעצוע.

(10 נקודות)

ד. אחותו של הילד מציעה לחבר לצעצוע שתי סוללות שיהיו מחוברות במקביל (במקום בטור).

(1) חשב את הזרם בצעצוע במצב החדש (חיבור במקביל).

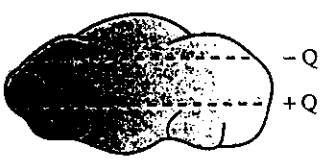
(2) חשב את נצילות המעגל במצב החדש, והראה כי חיבור שתי הסוללות במקביל אכן שיפר את הנצילות בהשוואה לנצילות בסעיף ב.

(10 נקודות)

.7

א. תאר מהו "קַבָּל". (4 נקודות)

על־פי מודל פשוט, אפשר להסתכל על ענן סערה כעל זוג לוחות מקבילים של קבל (ראה תרשים), וביניהם חומר שהקבוע הדיאלקטרי היחסי שלו הוא 1.2 .



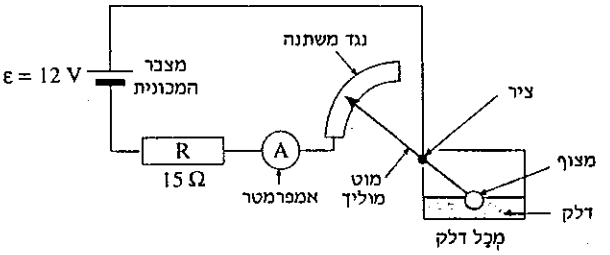
נשתמש במודל זה עבור ענן סערה מסוים, שבו השטח של כל לוח הוא $2\cdot10^6\ m^2$, המרחק בין הלוחות הוא 500 m, ובין הלוחות שורר מתח של $2\cdot10^7\ V$.

ב. חשב את האנרגיה האגורה בקבל. (9 נקודות)

ג. חשב את הכוח החשמלי הפועל על אלקטרון הנמצא בין לוחות הקבל. (9 נקודות)

ד. ברק עובר מהלוח האחד של הקבל ללוח האחר, והקבל נפרק לחלוטין במשך 0.01 s.
חשב את הזרם הממוצע של הברק. ($11\frac{1}{3}$ נקודות)

8. בתרשים א מתואר מעגל חשמלי של מד־דלק במכונית. הוריית האמפרמטר שבמעגל משמשת קנה־מידה לכמות הדלק במְכָל.



תרשים א

א. כיצד משתנה הוריית האמפרמטר כאשר כמות הדלק במְכָל קטֵנָה? הסבר במילים (בלי חישובים) את תשובתך. (8 נקודות)

הכא"מ ε של מצבר המכונית הוא 12 V, התנגדות הנגד R היא 15 Ω , וההתנגדות המרבית של הנגד המשתנה היא 200 Ω.

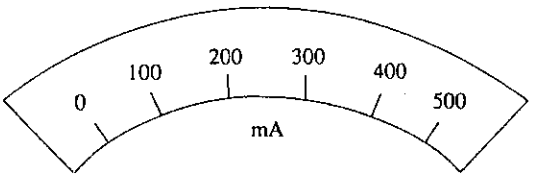
התנגדות האמפרמטר וההתנגדות הפנימית של המצבר ניתנות להזנחה.

כאשר מְכָל הדלק מלא, האמפרמטר מורה 500 mA .

ב. חשב את התנגדות הנגד המשתנה כאשר מְכָל הדלק מלא. (9 נקודות)

ג. חשב את הזרם שמורה האמפרמטר כאשר אין דלק במְכָל, בהנחה שהתנגדות הנגד המשתנה במצב זה היא מרבית (200 Ω). (5 נקודות)

ד. בתרשים ב מתוארת הסקלה של האמפרמטר ב־ mA .



תרשים ב

(1) העתק את התרשים למחברתך, וסמן בו את הוריית המחוג בשני מצבים: במצב שבו המְכָל מלא (רשום "מְכָל מלא") ובמצב שבו המְכָל ריק (רשום "מְכָל ריק").

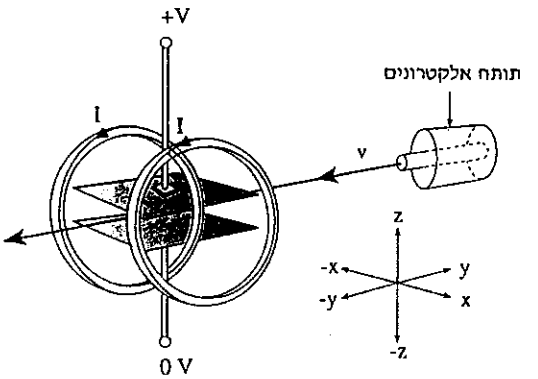
(2) משפחת ישראלי יצאה לטיול ברכב. בתחילת הנסיעה הייתה הוריית המחוג 500 mA, ובסוף הנסיעה היא הייתה 200 mA. הוסף לתרשים שהעתקת את הוריית המחוג בסוף הנסיעה, וחשב איזה חלק מהווה כמות הדלק שנצרכה בנסיעה זו מכמות הדלק שהייתה במְכָל. הנח שיש קשר לינארי בין הזרם באמפרמטר לבין נפח הדלק במְכָל. ($11\frac{1}{3}$ נקודות)

.9

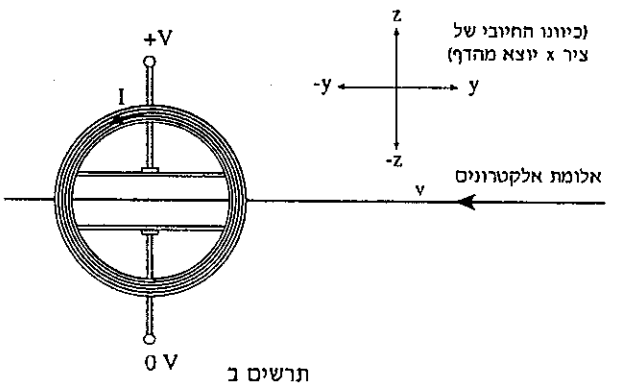
מתקן שעשוי משפופרת זכוכית המרוקנת מאוויר, כולל: "תותח אלקטרונים" הפולט אלומה מקבילה של אלקטרונים שגודל מהירותם v , שני לוחות אופקיים של קבל שביניהם שורר שדה חשמלי שעוצמתו E , ושני סלילים זהים המאונכים ללוחות.

בכל אחד מהסלילים זורם זרם I , היוצר ביניהם שדה מגנטי אחיד שעוצמתו B .

בתרשימים א ו־ ב מתוארים החלקים העיקריים של השפופרת, ומסומנים כיווני הזרמים בסלילים. הלוח העליון של הקבל מחובר לפוטנציאל חיובי, והלוח התחתון מחובר לפוטנציאל אפס.



תרשים א



תרשים ב

הזנת את הכוח שמפעיל כדור הארץ על אלומת האלקטרונים, וענה על הסעיפים א - ג.

א. היעזר במערכת הצירים x, y ו־ z שמתוארת בכל אחד מהתרשימים א ו־ ב, וקבע את כיווני השדות והכוחות שבתת־סעיפים (1) - (4) שלהלן. רשום את הכיוון על־ידי ציון הציר באמצעות האות x או y או z ולידה הסימן + (פלוס) או הסימן – (מינוס).

(1) כיוון השדה החשמלי $\vec{E}$.

(2) כיוון השדה המגנטי $\vec{B}$.

(3) כיוון הכוח, שמפעיל השדה החשמלי $\vec{E}$ בלבד על אלומת האלקטרונים בהיכנסה לשדה החשמלי.

(4) כיוון הכוח, שמפעיל השדה המגנטי $\vec{B}$ בלבד על אלומת האלקטרונים בהיכנסה לשדה המגנטי.

(12 נקודות)

ב. העוצמות של השדות $\vec{E}$ ו־ $\vec{B}$ נקבעו כך שאלומת האלקטרונים נעה בקו ישר.

בטא את מהירות האלקטרונים v באמצעות E ו־ B . (13 נקודות)

ג. (1) מבטלים את השדה החשמלי בין לוחות הקבל (השדה המגנטי נשאר כמו שמתואר בסעיף ב). אלומת האלקטרונים נעה במצב זה בקשת של מעגל שרדיוסו R .

בטא את היחס $\frac{e}{m}$ של האלקטרון באמצעות E , B ו־ R .

(2) מצא את הערך של R עבור הערכים $E = 2 \times 10^4 \frac{N}{C}$, $B = 8 \times 10^{-4}\ T$

($8\frac{1}{3}$ נקודות)

.10

תלמיד רצה למדוד את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ. לשם כך הוא מתח על שולחן תיל ישר וארוך בכיוון צפון-דרום (המגנטי של הארץ). הוא חיבר בטור אל התיל נגד משתנה, אמפרמטר ומקור מתח, והזרים בתיל זרם שעוצמתו $I = 3.7\ A$ וכיוונו מדרום לצפון.

התלמיד הציב מצפן בגובה r מעל התיל, ומדד את זווית הסטייה α של מחט המצפן מכיוון צפון. התלמיד שינה את r כמה פעמים, ובכל פעם מדד את α. תוצאות המדידות רשומות בטבלה שלפניך, וכן רשומים ערכים של $ctg\ \alpha$ $(ctg\ \alpha = \frac{1}{tg\ \alpha})$.

$ctg\ \alpha$	α	r (cm)
0.9	48.5°	2.2
1.4	36°	3.6
2.1	26°	5.0
2.6	21°	6.3
3.1	18°	7.8

א. סרטט גרף של $ctg\ \alpha$ כפונקציה של r. (9 נקודות)

ב. סרטט את מחט המצפן ואת הכיוונים של כל אחד מהשדות המגנטיים הפועלים עליה (במצב שבו עובר זרם במעגל החשמלי). סמן בסרטוט את הזווית α. (6 נקודות)

ג. (1) פַּתַח ביטוי ל־$ctg\ \alpha$ כפונקציה של r.

(2) חשב בעזרת הגרף, שסרטטת בסעיף א, את הרכיב האופקי של השדה המגנטי של כדור הארץ.

(12 נקודות)

ד. אילו התלמיד היה חוזר על הניסוי במקום גאוגרפי אחר (עם אותם ערכים של r ושל I), האם הערכים של α שהיו מתקבלים היו זהים לאלה שבטבלה? נמק.
(אל תתייחס לשגיאות שנובעות מגורמים שונים של אי־דיוקים.) ($6\frac{1}{3}$ נקודות)

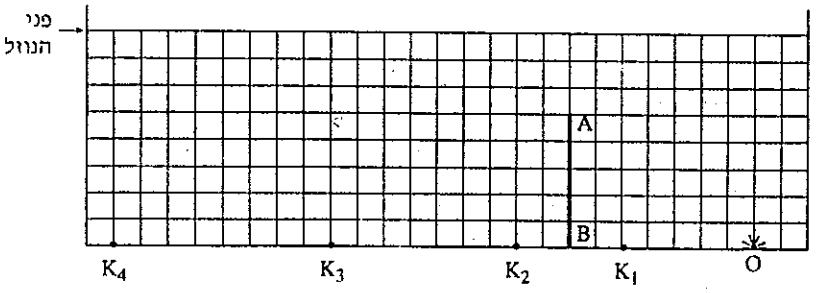
חלק ג' - פרקי בחירה

עליך לענות על שתי שאלות משני פרקים שונים שאלה אחת מכל פרק

פרק ראשון - תורת האור והגלים

.11

בתרשים שלפניך מתואר מְכָל שדופנותיו שקופים, ובו נוזל שמקדם השבירה שלו (ביחס לאוויר) הוא $n = 2.236$. על קרקעית המכל נמצאים מקור אור נקודתי O הפולט אור לכל הכיוונים ומחיצה אטומה לאור AB , וכן מסומנות ארבע נקודות K_1 , K_2 , K_3 ו־ K_4 .



א. הראה כי $\tan\theta_c = 0.5$, כאשר θ_c היא הזווית הקריטית (הזווית הגבולית) במעבר של אור מהנוזל לאוויר. (8 נקודות)

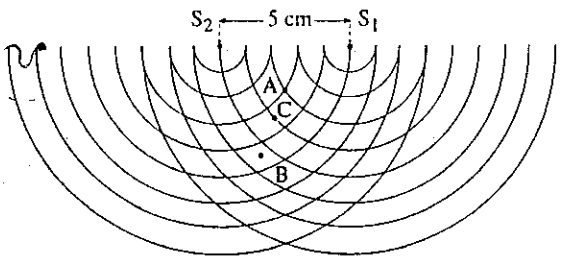
ב. העתק במדויק את התרשים למחברתך (כל משבצת במחברת תייצג משבצת בתרשים). היעזר בסעיף א וסמן באות P_o נקודה על פני הנוזל, שבה פוגעת בזווית הקריטית קרן אור היוצאת מ־ O . (8 נקודות)

ג. (1) קבע אם קיימת קרן אור, שיוצאת מ־ O , פוגעת בפני הנוזל ומוחזרת ישירות באופן מלא (ולא חלקי) לנקודה K_1 . סרטט והסבר.

(2) ענה על תת־סעיף ג (1) לגבי כל אחת מהנקודות K_2 , K_3 , ו־ K_4 (34 נקודות)

.12

שני כדורים מתנודדים, כל אחד בתדירות 25 Hz. הכדורים טובלים באמבט גלים, ומשמשים כשני מקורות נקודתיים S_1 ו־ S_2 לגלים מעגליים. המרחק בין המקורות הוא 5 cm. התרשים שלפניך מתאר ברגע $t = 0$ את חזיתות הגלים המתאימות לנקודות שנמצאות בשיא הגובה מעל פני המים (כפי שהיו במנוחה). ברגע זה כל אחד מהכדורים נמצא בנקודת שיא הגובה מעל פני המים.



א. על־פי התרשים, הסבר מדוע אורך הגל שיוצר כל מקור הוא 1 cm. (5 נקודות)

ב. לגבי כל אחת מהנקודות שבתת־סעיפים (1) - (5) שלהלן, ציין אם נוצרת בה התאבכות בונה, התאבכות הורסת או שהיא נקודת ביניים.

(1) הנקודה A, המסומנת בתרשים. נמק. (7 נקודות)

(2) הנקודה B, המסומנת בתרשים. נמק. (7 נקודות)

(3) הנקודה C, המסומנת בתרשים. נמק. (7 נקודות)

(4) נקודה E, הנמצאת במרחק 38 cm מהמקור S_1 ובמרחק 39.5 cm מהמקור S_2. נמק (5 נקודות)

(5) נקודה F, הנמצאת במרחק 24 cm מהמקור S_1 ובמרחק 28.2 cm מהמקור S_2. נמק. (5 נקודות)

ג. (1) חשב את זמן המחזור T של הגל הנוצר על־ידי אחד המקורות. (4 נקודות)

(2) משרעת הגל (אמפליטודה) בנקודה A שיוצר כל מקור היא 0.4 cm.
סרטט גרף של העתק הנקודה A כפונקציה של הזמן מרגע $t = 0$ עד רגע $t = T$ (זמן של מחזור אחד). רשום מספרים על הצירים.
נקודת האפס למדידת העתק הגל תהיה פני המים במצב שבו אין גלים באמבט.
(10 נקודות)

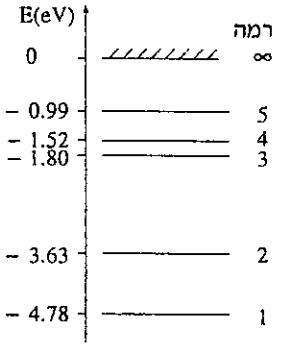
פרק שני - פיסיקה מודרנית

.13

בספקטרום של אור השמש מופיעים קווים שחורים. קווים אלה נוצרים כתוצאה מכך שאור באורכי גל מסוימים, הנפלט מתוך השמש, נבלע על־ידי גזים הנמצאים באטמוספרה של השמש. אחד הקווים השחורים בספקטרום השמש מתאים לבליעת אור באורך גל של 5880 Å .

א. חשב את האנרגיה של פוטון בעל אורך גל זה (5880 Å) . (11 נקודות)

ב. התרשים שלפניך מתאר רמות אנרגיה אחדות של אטום ההליום. בגלל הטמפרטורה הגבוהה של אטמוספרת השמש, אטומי ההליום עשויים להימצא ברמות מעוררות.



הראה כי ניתן להסביר את היווצרותו של הקו השחור (בליעה באורך גל של 5880 Å) בעזרת רמות האנרגיה של אטום ההליום. (21 נקודות)

ג. תחום אורכי הגל של אור נראה הוא 4000 Å - 7000 Å .

האם אור נראה הנפלט מתוך השמש יכול לגרום לעירור של אטום הליום הנמצא ברמה n = 2 ? הסבר. (13 נקודות)

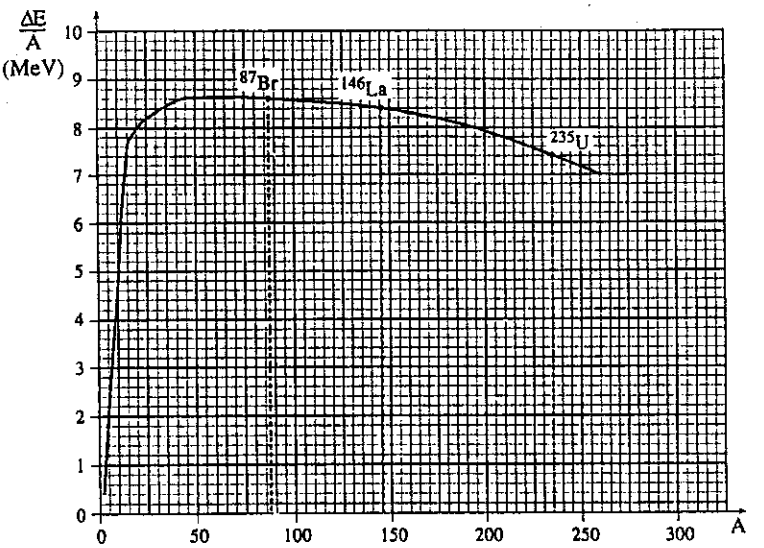
ד. אלקטרון נע מתנגש באטום הליום נח שנמצא ברמה n = 2 .

איזה תנאי האלקטרון צריך למלא, כדי שאטום ההליום יעבור לרמה גבוהה יותר?

(5 נקודות)

.14

התרשים שלפניך מתאר את אנרגיית הקשר הממוצעת לנוקלאון, $\Delta E/A$,
ביחידה MeV (מיליון אלקטרון וולט) כפונקציה של מספר המסה, A .
ΔE — אנרגיית הקשר של גרעין אטום, כלומר האנרגיה הדרושה להפריד בין
כל הנוקלאונים של הגרעין. A — מספר המסה של גרעין (מספר הנוקלאונים בגרעין).



א. קבע, על־פי הגרף, איזה גרעין יציב יותר: $^{87}_{35}Br$ או $^{235}_{92}U$. נמק. (10 נקודות)

ב. הראה כי אנרגיית הקשר ΔE של גרעין $^{235}_{92}U$ יחיד שווה בקירוב
ל־ $2.8\cdot10^{-10}$ J . (15 נקודות)

ג. גרעין $^{235}_{92}U$ מתבקע לגרעין $^{146}_{57}La$ ולגרעין $^{87}_{35}Br$.
בכמה קטנה אנרגיית הקשר של גרעין $^{235}_{92}U$ מסכום אנרגיות הקשר של גרעין
$^{146}_{57}La$ וגרעין $^{87}_{35}Br$? (15 נקודות)

ד. ההספק המתקבל מתחנת הספק ("תחנת כוח") גרעינית אופיינית הוא $2\cdot10^{9}$ W .
הספק זה מתקבל מביקוע של $^{235}_{92}U$. הנח כי מכל ביקוע של גרעין $^{235}_{92}U$ נפלטת
האנרגיה שחישבת בסעיף ג, והנח כי נצילות תחנת ההספק היא 25% .
חשב את מספר הביקועים לשנייה של גרעיני $^{235}_{92}U$ הדרושים להפקת הספק זה.
(10 נקודות)

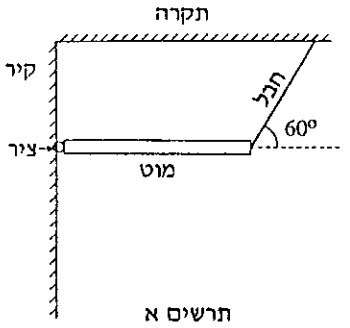
פרק שלישי - מכניקה של גוף קשיח

.15

מוט אחיד צר, שמסתו M ואורכו L , מוחזק במנוחה במצב אופקי. המוט מחובר בקצהו האחד לציר בקיר ובקצהו השני קשור לחבל המחובר לתקרה.

החבל נטוי בזווית של 60° (ראה תרשים א).

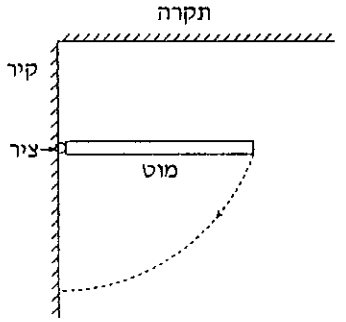
מסת החבל וממדי הציר זניחים.



תרשים א

א. בטא בעזרת הפרמטרים הנתונים ובעזרת g את המתיחות בחבל. (10 נקודות)

ברגע מסוים חותכים את החבל, והמוט נע כמתואר בתרשים ב.



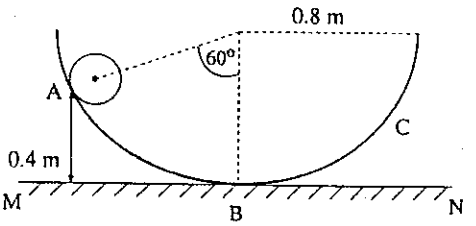
תרשים ב

ב. בטא בעזרת הפרמטרים הנתונים ובעזרת g את התאוצה הזוויתית ההתחלתית של המוט. (15 נקודות)

ג. בטא בעזרת הפרמטרים הנתונים ובעזרת g את המהירות הקווית, שבה תפגע הנקודה התחתונה של המוט בקיר. (15 נקודות)

ד. קבע אם במהלך התנועה של המוט המומנט ביחס לציר, שמפעיל כוח הכובד על המוט, גדֵל, קטֵן או אינו משתנה. הסבר. (10 נקודות)

.16



בתוך קערה כדורית שרדיוסה 0.8 m משחררים ממנוחה מהנקודה A כדור מלא אחיד, שרדיוסו 10 cm ומסתו 0.5 kg . הנקודה A נמצאת בגובה של 0.4 m מעל תחתית הקערה, והכדור מתגלגל בלי החלקה מהנקודה A דרך הנקודה B שבתחתית הקערה אל הנקודה C (ראה תרשים).

א. מצא את גובה מרכז המסה של הכדור מעל המישור האופקי MN :

(1) כאשר הכדור בנקודה A .

(2) כאשר הכדור בנקודה B .

(8 נקודות)

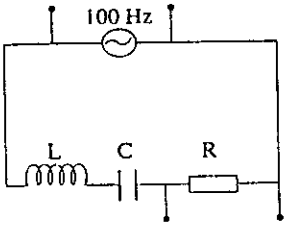
ב. חשב את הכוח הנורמלי שהקערה מפעילה על הכדור בעוברו בנקודה B .

(24 נקודות)

ג. הראה בעזרת החוק השני של ניוטון לתנועה סיבובית, המיושם למומנטים המחושבים ביחס לנקודת ההשקה, כי התאוצה הזוויתית של הכדור במהלך תנועתו מ־ A ל־ B היא מקסימלית בנקודה A . (18 נקודות)

פרק רביעי – זרם חילופין

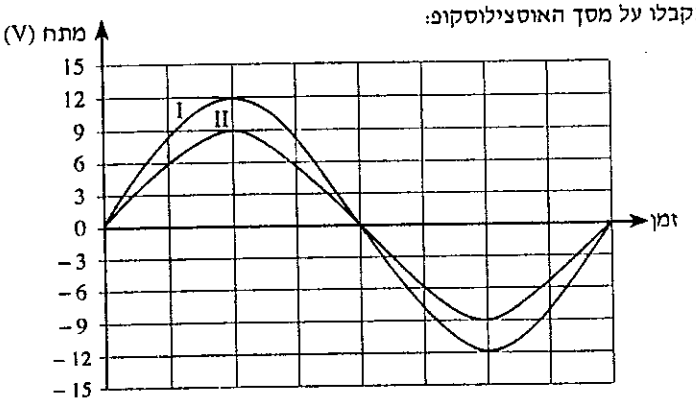
.17



תרשים א

אל מקור מתח חילופין שתדירותו 100 Hz מחוברים בטור: סליל לא־אידאלי L, קבל C שקיבולו 10 μF ונגד R שהתנגדותו 6 Ω. שתי הכניסות של אוסצילוסקופ דו־אלומתי מחוברות במקביל למקור המתח ולנגד R (ראה תרשים א).

בתרשים ב שתי עקומות, I ו־ II, המתארות את המתח כפונקציה של הזמן, כפי שהתקבלו על מסך האוסצילוסקופ:



תרשים ב

א. קבע איזו משתי העקומות, I או II, מתארת את מתח המקור, ואיזו מהן מתארת את המתח על הנגד. הסבר. (10 נקודות)

ב. מהו הפרש המופע בין מתח המקור לזרם במעגלו הסבר. (10 נקודות)

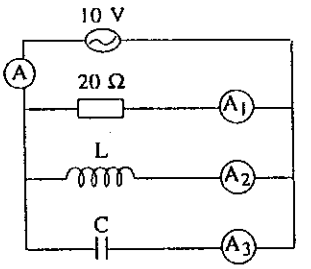
ג. חשב את השראות הסליל. (10 נקודות)

ד. חשב את ההתנגדות האומית של הסליל. (10 נקודות)

ה. מכניסים אל תוך הסליל ליבת ברזל, וחוזרים על הניסוי. האם בעקבות הכנסת הליבה עוצמת הזרם המקסימלית דרך המקור תגדל, תקטן או לא תשתנה? הסבר. (10 נקודות)

.18

אל מקור מתח חילופין, שהמתח האפקטיבי שלו הוא 10 V , מחוברים במקביל: נגד שהתנגדותו 20 Ω , סליל אידאלי L וקבל C (ראה תרשים). את תדירות המקור אפשר לשנות, וכאשר מכוונים אותה ל־ 50 Hz , מראים האמפרמטרים A_1 , A_2 , A_3 אותה עוצמת זרם. התנגדות האמפרמטרים זניחה.



א. (1) מצא את הזרם האפקטיבי I דרך מקור המתח כאשר תדירות המקור היא 50 Hz .

(2) מצא את הפרש המופע ϕ בין הזרם לבין המתח. (תוכל להיעזר בדיאגרמת וקטורים מתאימה.)

(13 נקודות)

ב. חשב את ההשראות של הסליל L . (11 נקודות)

ג. חשב את הקיבול של הקבל C . (11 נקודות)

ד. מגדילים את תדירות המקור (בלי לשנות את המתח האפקטיבי שלו).

(1) קבע לגבי כל אחד מהזרמים I_R , I_L ו־ I_C אם הוא גדֵל, קטֵן או אינו משתנה. הסבר.

(2) סרטט באופן מקורב דיאגרמת זרמים, וציין בה את I_R , I_L , I_C , I ואת זווית המופע ϕ .

(3) קבע, בעזרת הדיאגרמה שסרטטת, אם I גדֵל, קטֵן או אינו משתנה. הסבר.

(15 נקודות)

פרק חמישי - תורת הנוזלים והגזים

.19

אדם מטיל קובייית קרח שמסתה 4.8 gr לכוס עם מים. הקובייה נעה במים כלפי מטה, נעצרת רגעית מעל קרקעית הכוס, ולאחר מכן עולה וצפה בכוס. צפיפות המים היא $1000\ kg/m^3$.

א. הסבר מדוע הקובייה עלתה לאחר שהיא נעצרה רגעית. (10 נקודות)

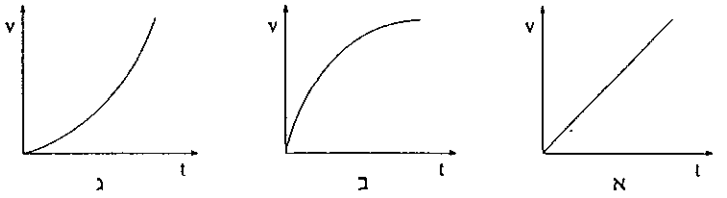
ב. אחד הכוחות שפועל על הקובייה בעת עלייתה (לפני שהיא צפה) הוא התנגדות המים. כוח זה גדול יותר ככל שמהירות הקובייה גדולה יותר.

(1) סרטט את הכוחות הפועלים על הקובייה בעת עלייתה.

(2) האם בעת תנועת הקובייה מתחת לפני המים משתנה כוח העילוי הפועל על הקובייה? נמק.

(3) איזה מבין הגרפים א - ג שלפניך עשוי לתאר את מהירות הקובייה כפונקציה של הזמן בעת עלייתה בתוך המים (לפני שהיא צפה)? נמק.

(15 נקודות)

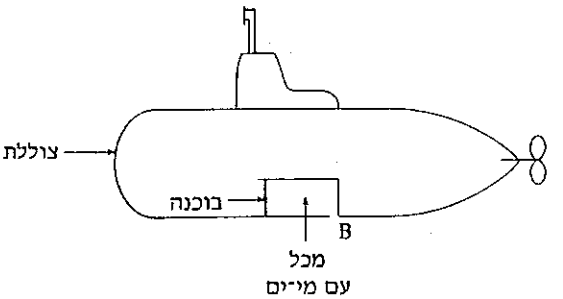


ג. חשב את הנפח של חלק הקובייה ששקוע במים, כאשר הקובייה צפה (במנוחה) במים. (15 נקודות)

ד. האם תשובתך לסעיף ג תשתנה, אם הקובייה תהיה עשויה מעץ וגם מסתה תהיה 4.8 gr ? נמק. (10 נקודות)

.20

בתרשים שלפניך מתוארת צוללת שנפחה הכולל הוא $500\ m^3$. הצוללת מרחפת בעומק מסוים מתחת לפני הים. צפיפות מי־הים היא $1025\ kg/m^3$.



א. חשב את מסת הצוללת. (15 נקודות)

ב. הסבר כיצד אפשר לשנות את עומק הצוללת מתחת לפני הים באמצעות שינוי כמות מי־הים הנמצאת בתוך מכל שבצוללת (ראה תרשים). (13 נקודות)

הלחץ האטמוספרי הוא $10^5\ Pa$ $(1\ Pa = 1\ N/m^2)$. B היא נקודה בים ליד פתח המכל, הנמצאת בעומק $25\ m$ מתחת לפני הים.

ג. חשב את הלחץ (הכולל) בנקודה B . (10 נקודות)

משנים את נפח מי־הים במכל באמצעות בוכנה ששטחה A .

ד. (1) בהנחה שהלחץ P , שהבוכנה מפעילה על מי־הים במכל, הוא קבוע, הראה כי העבודה W , שעושה הבוכנה בהוצאת מי־ים שנפחם V , היא $W = P \cdot V$.

(2) חשב את העבודה בלחץ קבוע, הדרושה כדי להוציא מהמכל $0.5\ m^3$ מי־ים בעומק $25\ m$ מתחת לפני הים.

(12 נקודות)

פרק שישי - תרמודינמיקה

.21

בשני מכלים A ו־ B נמצאות כמויות שוות של אותו גז אידאלי חד־אטומי. בכל אחד מהמכלים נפח הגז הוא V_1 ולחץ הגז הוא P_1 . מכפילים את נפח הגז בכל מכל ל־ $2V_1$, במכל A בתהליך איזותרמי הפיך ובמכל B בתהליך אדיאבטי הפיך.

א. באיזה משני המכלים הלחץ הסופי גדול יותר, ופי כמה? (10 נקודות)

ב. באיזה משני המכלים הטמפרטורה הסופית גדולה יותר, ופי כמה? (15 נקודות)

ג. סרטט באופן סכמתי באותה מערכת צירים את דיאגרמת P–V של כל אחד משני התהליכים, וציין איזה גרף מתאים לכל תהליך.

ציין על הצירים עבור שני התהליכים את הלחץ ואת הנפח (מבוטאים בעזרת P_1 ו־ V_1) במצב ההתחלתי ובמצב הסופי. (15 נקודות)

ד. קבע באיזה משני התהליכים בוצעה עבודה גדולה יותר נמק את קביעתך.

(10 נקודות)

.22

א. תן דוגמה: (1) לתהליך לא־הפיך.

(2) לתהליך הפיך.

(10 נקודות)

ב. רוצים לשנות את נפחו של גז אידאלי הנמצא במכל מ־ V_1 ל־ V_2 ואת לחצו — מ־ P_1 ל־ P_2 . האם ניתן לבצע את השינוי גם בתהליך הפיך וגם בתהליך לא־הפיך? אם כן — מה ההבדל בדרך ביצוע השינוי? אם לא — מדוע לא? (10 נקודות)

ג. גז אידאלי התפשט באופן אדיאבטי, כך שבהתפשטותו עשה עבודה של 0.92 kJ . לאחר שהגז התפשט למצבו הסופי דחסו אותו למצבו ההתחלתי, כך שבדחיסה נעשתה עבודה של 1100 J .

האם הגז פלט או קלט חום בעת הדחיסה? חשב כמה. (15 נקודות)

ד. מהנדס טוען כי בנה מכונת חום הפועלת בין מאגר בטמפרטורה של 400 K לבין מאגר בטמפרטורה של 200 K . המכונה צורכת במחזור אחד 105 kJ מהמאגר החם ומוסרת 40 kJ למאגר הקר. את יתר החום המכונה הופכת לעבודה.

האם תיתכן מכונה כזו? הסבר. (15 נקודות)

פרק שביעי - יחסות פרטית

.23

א. ציין הבדל בין המושג מסה במכניקה היחסותית למושג מסה במכניקה הניוטונית. (10 נקודות)

ב. סרטט גרף המתאר את השתנות המסה של גוף כפונקציה של מהירותו. סמן על הצירים את מהירות האור c ואת מסת המנוחה m_0 . (15 נקודות)

ג. תלמיד מודד את מסתם של שני פרוטונים הנעים בכיוונים מנוגדים, ומגלה שהמסה של כל אחד מהם כפולה ממסת המנוחה.

(1) בטא באמצעות c את גודל מהירותו של כל אחד מהפרוטונים יחסית לתלמיד.

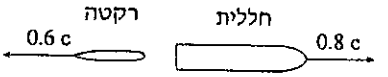
(2) בטא באמצעות c את גודל מהירותו של אחד הפרוטונים במערכת ייחוס הצמודה לפרוטון האחר.

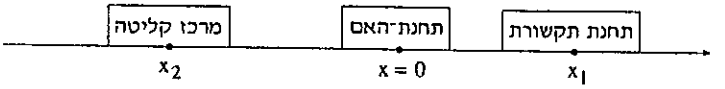
(3) הראה כי המסה של פרוטון אחד במערכת ייחוס הצמודה לפרוטון האחר גדולה פי 7 ממסת המנוחה שלו.

(25 נקודות)

.24

על כדור הארץ נמצאת בנקודה $x = 0$ תחנה לשיגור לוויינים (תחנת־האם), בנקודה x_1 נמצאת תחנת תקשורת, ובנקודה x_2 נמצא מרכז קליטה של שידורי לוויינים (ראה תרשים).





ברגע $t = 0$ חללית חולפת מעל הנקודה $x = 0$, וברגע זה טייס החללית משגר רקטה. מהירות החללית לאחר שיגור הרקטה היא $0.8\ c$ יחסית לכדור הארץ, ומהירות הרקטה היא $0.6\ c$ יחסית לכדור הארץ בכיוון מנוגד לכיוון תנועת החללית (ראה תרשים).

ברגע $t = 5\times10^{-4}\ s$ צופה הנמצא ב־ $x = 0$ רואה את החללית עוברת מעל x_1 ואת הרקטה חולפת מעל x_2 . התייחס לכל הגופים כאל נקודתיים.

א. לגבי הצופה בתחנת־האם חשב את:

(1) x_1 .

(2) x_2 .

(3) המרחק בין תחנת התקשורת למרכז הקליטה.

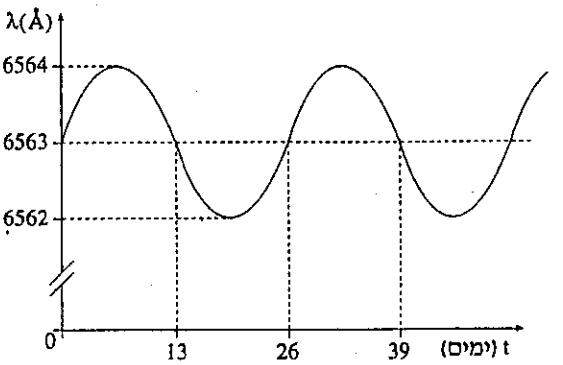
(15 נקודות)

ב. האם המרחק בין תחנת התקשורת למרכז הקליטה שימדוד טייס החללית גדול יותר או קטן יותר מהמרחק שחישבת בסעיף א (3)? נמק. (17 נקודות)

ג. הסבר מדוע טייס החללית יראה את החללית עוברת מעל תחנת התקשורת לפני שהוא יראה את הרקטה עוברת מעל מרכז הקליטה. (18 נקודות)

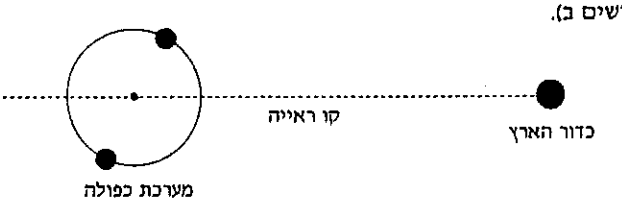
פרק שמיני - אסטרופיסיקה

25. הגרף שבתרשים א מתאר את ההשתנות הסינוסואידלית של אורך הגל של קו פליטה של מימן מאחד מכוכבי מערכת כפולה.



תרשים א

אורך הגל של קו זה בספקטרום המימן שמתקבל במעבדה הוא 6563 Å . לכל אחד מכוכבי המערכת אותה מסה, והם נעים על אותו מסלול מעגלי סביב מרכז המסה של המערכת. הנח כי קו הראייה אל המערכת עובר במישור התנועה של הכוכבים (ראה תרשים ב).



תרשים ב

א. קבע בעזרת הגרף (תרשים א) אם בפרק הזמן 0-13 ימים הכוכב, שקרינתו מתוארת בגרף, מתקרב לכדור הארץ או מתרחק ממנו. הסבר. (8 נקודות)

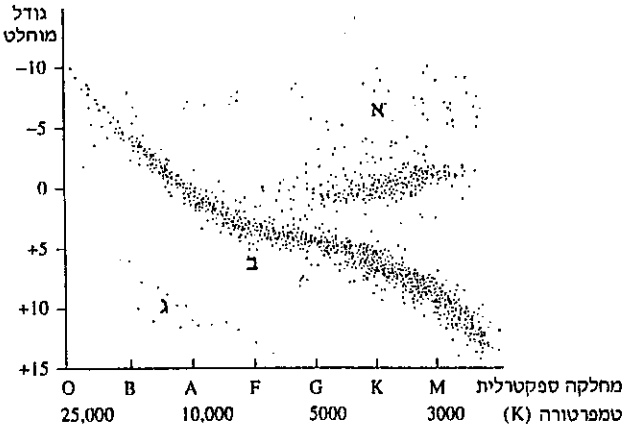
ב. חשב את גודל מהירות הכוכב במסלול המעגלי. (10 נקודות)

ג. העתק את תרשים א למחברתך. סרטט מתחתיו במערכת צירים נפרדת, גרף המתאר את רכיב המהירות של הכוכב לאורך קו הראייה כפונקציה של הזמן. בחר לציר הזמן אותו קנה־מידה כמו זה שבתרשים שהעתקת. בחר את רכיב המהירות כחיובי כאשר הכוכב מתרחק מאתנו. ציין ערכים מספריים על הצירים. (12 נקודות)

ד. חשב את רדיוס המסלול המעגלי. (10 נקודות)

ה. חשב את המסה של כל אחד מכוכבי המערכת הכפולה. (10 נקודות)

26. לפניך דיאגרמת H–R של אוסף כוכבים.



א. הגדר את הגדלים המסומנים על צירי הדיאגרמה:

(1) מחלקה ספקטרלית.

(2) גודל מוחלט (אפלולית).

(10 נקודות)

ב. קבע מהו סוג הכוכבים השייכים לקבוצות המסומנות באותיות א, ב ו־ ג.

(10 נקודות)

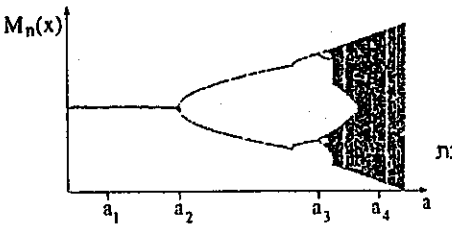
ג. הסבר מדוע לכוכב שנמצא בקבוצה א יש בהירות גבוהה, אף־על־פי שהטמפרטורה שלו נמוכה. (10 נקודות)

ד. כוכב מסוים השתייך במהלך התפתחותו לקבוצות א, ב ו־ ג. סדר את שיוכו לכל קבוצה בסדר זמנים עולה: מ"צעיר" ל"זקן". (10 נקודות)

ה. הסבר מדוע בצביר כדורי "זקן" לא מוצאים בקבוצה ב כוכבים ממחלקה ספקטרלית O ו־ B . (10 נקודות)

פרק תשיעי - כאוס

.27



לפניך תרשים ההתפצלויות של משפחת המיפויים $M(x) = x^3 - ax$.

א. בטא באמצעות a את נקודות השבת של המיפוי $x^3 - ax$. (9 נקודות)

ב. מהו מושך המיפוי עבור ערכים של a בתחום $a_2 < a < a_3$? הסבר. (12 נקודות)

ג. (1) סרטט גרף מקורב של $x_n(n)$ עבור המיפוי $x^3 - a_1 x$.

(2) מתחילים את האיטרציות של המיפוי $x^3 - a_1 x$ מערך התחלתי x'_0 , הקרוב לערך x_0 שנבחר בסעיף ג (1). הוסף לגרף שסרטטת בסעיף ג (1) את האיטרציות החדשות $x'_n(n)$.

(3) סרטט גרף מקורב של $x_n(n)$ עבור המיפוי $x^3 - a_4 x$.

(4) מתחילים את האיטרציות של המיפוי $x^3 - a_4 x$ מערך התחלתי x'_0 , הקרוב לערך x_0 שנבחר בסעיף ג (3). הוסף לגרף שסרטטת בסעיף ג (3) את האיטרציות החדשות $x'_n(n)$.

(16 נקודות)

ד. מתחילים את האיטרציות של המיפוי $x^3 - a*x$ מערך התחלתי x_0 , ומקבלים את הערכים x_1 , x_2 , x_3 ו־ x_4 . מתחילים שוב מאותו x_0 , מבצעים את האיטרציות עם אותו מיפוי על אותו מחשבון, ומקבלים את הערכים x'_1 , x'_2 , x'_3 ו־ x'_4 . האם ייתכן ש־ x'_1 , x'_2 , x'_3 ו־ x'_4 יהיו שונים מ־ x_1 , x_2 , x_3 ו־ x_4 ? נמק.

(5 נקודות)

ה. בתרשים לא רואים את ההתפצלויות מסדר גבוה (למסלול מחזורי מושך מסדר 16 , 32 , וכו').

(1) מדוע אי־אפשר לראות אותן?

(2) מה צריך לעשות אם רוצים לראות אותן?

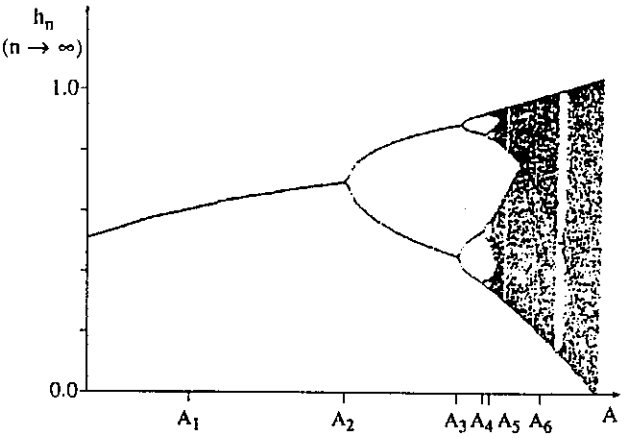
(8 נקודות)

.28

כדור קטן חופשי לקפוץ על שולחן. השולחן נע מעלה-מטה בתנועה הרמונית פשוטה, שזמן המחזור שלה T קבוע והמשרעת A ניתנת לשינוי.

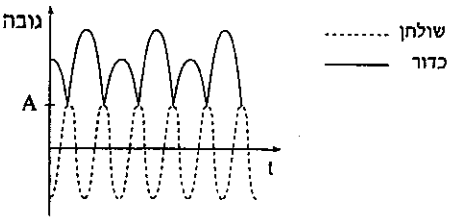
עבור כל ערך של A מודדים את גובה הכדור h כל T שניות.

תרשים א שלפניך מתאר את המדידות שהתקבלו כפונקציה של A , כאשר המדידות הראשונות אינן מופיעות בתרשים.



תרשים א

א. בתרשים ב מתואר גרף של גובה הכדור ושל גובה השולחן כפונקציה של הזמן עבור משרעת A מסוימת של תנודת השולחן. ציין את טווח הערכים של A , שעבורם תנועת הכדור המתוארת בתרשים ב היא התנועה היציבה של הכדור. (10 נקודות)



תרשים ב

(שים לב: המשך השאלה בעמוד הבא.)

ב. עבור $A = A_1$ מודדים את גובה הכדור h כל T שניות, ומקבלים את הערכים $h_0, h_1, h_2 \ldots$.

סרטט גרף מקורב של מדידות הגובה של הכדור h_n כפונקציה של n . (10 נקודות)

ג. האם עבור כל ערך של A שגדול מ־A_5 התנהגות המערכת היא כאוטית? הסבר.

(5 נקודות)

ד. עבור $A = A_6$ מתחילים מגובה h_0 ומודדים את $h_n(n)$. מתחילים מחדש מגובה קצת שונה h'_0 , ומודדים את הגובה כפונקציה של n , $h'_n(n)$.

בטבלה שלפניך רשומות המדידות שהתקבלו.

n	h_n	h'_n
0	0.7001	0.7000
1	0.8188	0.8190
2	0.5784	0.5781
3	0.9508	0.9512
4	0.1818	0.1810
5	0.5803	0.5784
6	0.9494	0.9511
7	0.1859	0.1813

(1) חשב את מעריך ליאפונוב.

(2) הסבר מהי משמעותו.

(15 נקודות)

ה. עבור $A = A_6$ מודדים את גובה הכדור h כל T שניות, ומייצגים את הנקודות במרחב המופע של המערכת. הסבר איך ייראה תיאור התנועה במרחב המופע. נמק.

(10 נקודות)

מעבדת חקר - חקירת מטוטלת אוילר

חלק ראשון: בניית המערכת הניסויית (10 נקודות)

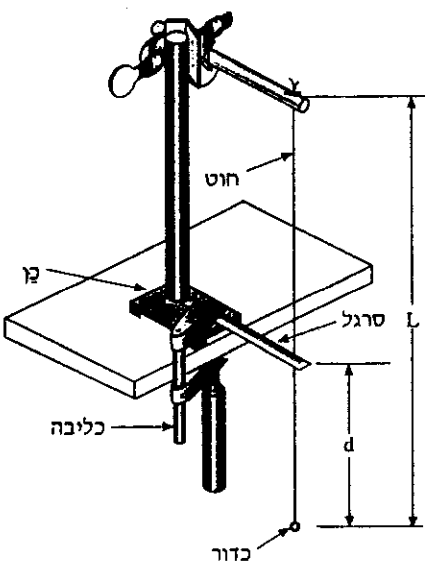
(10 נק') 1. בנה את המערכת הניסויית המתוארת בתרשים 2, בהתאם להנחיות האלה:

א. הדק את המוט לכֵּן באמצעות האוחז;

ב. הצב את הכֵּן קרוב לשפת השולחן, וסובב את המוט כך שיבלוט מהשולחן. המוט יהיה בניצב לשפת השולחן, כך שהמטוטלת תוכל להתנודד בלי שתפגע בשולחן;

ג. הנח את קצה הסרגל (שאורכו 30 ס"מ) על בסיס הכֵּן, מתחת למוט, כך שהסרגל יהיה מקביל למוט, מאונך לשפת השולחן, ויבלוט כ־15 ס"מ מחוץ לשולחן. הדק את הסרגל ואת הכֵּן לשולחן באמצעות חכליבה;

ד. כוון את המוט שעליו תלויה המטוטלת (היעזר באוחז) עד שחוט המטוטלת ייגע בסרגל, ויהיה אנכי.

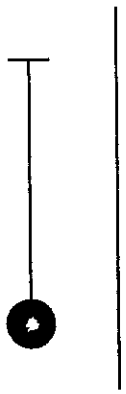


תרשים 2 – המערכת הניסויית

חלק שני: ביצוע הניסוי (40 נקודות)

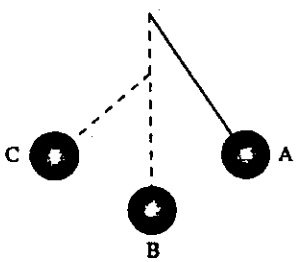
(5 נק') 2. מדוד את האורך, L , של המטוטלת במצב שבו החוט אינו נוגע בסרגל (ראה תרשים 2 לעיל), ורשום את תוצאת המדידה: _____ = L .

(5 נק') 3. בתרשים 3 מתוארת מטוטלת, ולצידה מסורטט קו ישר. כדי לתאר כיצד קבעת את L , סמן על הקו הזה את האורך, L , בהתאם למדידותיך בסעיף 2 לעיל.



תרשים 3 – תרשים של מטוטלת

(5 נק') 4. משחררים את הכדור מן הנקודה A , כמתואר בתרשים 4. היכן יימצא הכדור בתום תנודה אחת שלמה?



תרשים 4

(20 נק') 5. כדי לקבוע את הקשר בין המחזור, T , לבין המרחק, d , עליך לשנות את המרחק, d , מספר פעמים (על־ידי שינוי מקומו של האוחז לאורך הפֶּן). עבור כל ערך של d יהיה עליך למדוד את משך הזמן, t , של n תנודות. (עליך לקבוע את ערכו של n.)

בצע את המדידות, ורשום את תוצאות המדידות בשלוש העמודות הימניות של טבלה 1 (הוסף יחידות בסוגריים שבראשי העמודות).

המשתנה החדש:_____ (_____)	T (_____)	t (_____)	n	d (_____)

טבלה 1: תוצאות המדידות וחישובים

(5 נק') 6. עבור כל ערך של d מצא את זמן המחזור, T , של תנודת מטוטלת אוילר, ורשום את ערכי T בעמודה המתאימה של טבלה 1 (הוסף יחידות בסוגריים שבראש העמודה).

חלק שלישי: בחינת ההתאמה בין ממצאי הניסוי לתאוריה, והסקת מסקנות (50 נקודות)

על סמך התאוריה, ניתן להראות כי זמן המחזור, T , של מטוטלת אוילר ניתן על־ידי הביטוי:

$$T = C + \pi\sqrt{\frac{d}{g}} \qquad (1)$$

כאשר C הוא קבוע (ותלוי בפרמטרים קבועים של המערכת).

(קשר זה נכון בקירוב; הוא מדויק יותר ככל שזווית הסטייה של המטוטלת ממצב שיווי המשקל קטנה יותר).

(5 נק') 7. בניסוי שביצעת, המרחק d הוא המשתנה הבלתי תלוי, וזמן המחזור T הוא המשתנה התלוי. על־פי ביטוי (1) הקשר בין T ל־d אינו לינארי.
עליך לבחור משתנה חדש שהוא פונקציה של d , כך שהקשר בין T למשתנה החדש יהיה לינארי. איזה מבין הביטויים א—ד הוא הביטוי המתאים למשתנה החדש?

א. d^2

ב. $\frac{d}{g}$

ג. $\sqrt{d}$

ד. $\ln d$

רשום את הביטוי למשתנה החדש ואת יחידותיו, בראש העמודה השמאלית של טבלה 1.

(15 נק') 8. א. רשום בעמודה השמאלית של טבלה 1 את ערכי המשתנה החדש.

ב. סרטט גרף של T כפונקציה של ערכי המשתנה החדש. *

* סרטט את הגרף על הנייר המילימטרי שבעמוד 8 (בעמוד 9 יש נייר מילימטרי נוסף; תוכל להשתמש בו במקרה הצורך) או באמצעות גיליון אלקטרוני.
אם הנך משתמש בגיליון אלקטרוני, הקפד להדביק מדבקת נבחן על פלט המחשב ולצרף אותו למחברת הבחינה.

(5 נק') 9. האם תוצאות המדידות מתאימות לקשר התאורטי (1) לעיל? הסבר את תשובתך.

(6 נק') 10. רשום את משוואת הישר שסרטטת בשאלה 8ב.

(6 נק') 11. מה משמעות האיבר החופשי C במשוואת הישר שמצאת?

(8 נק') 12. חשב את תאוצת הנפילה החופשית על־פי תוצאות מדידותיך. הסבר את תשובתך.

(5 נק') 13. האם אי־הוודאות ("השגיאה") היחסית במדידת זמן המחזור גדלה, קטנה, או אינה משתנה כאשר מגדילים את המרחק d (שאר הפרמטרים נשארים קבועים)? נמק את תשובתך.

תשובות סופיות - 1999

1. א. $v_{0.06} = 0.7\ \frac{m}{sec}$ ב. $v_{0.10} = 0.9\ \frac{m}{sec}$ $v_{0.08} = 0.8\ \frac{m}{sec}$
$v_{0.04} = 0.6\ \frac{m}{sec}$ $v_{0.02} = 0.5\ \frac{m}{sec}$ ד. $a = 5\ \frac{m}{sec^2}$ ה. גרף II

2. א. $T = 30\ N$ ב. $T = 33\ N$; $a = 1\ \frac{m}{sec^2}$ ג. $a = -2\ \frac{m}{sec^2}$
ד. הגוף נמצא 0.5 m מן הרצפה.

3. א. $T = 266\ N$

4. א. $H = 45\ m$ ב. $v_C = 30\ \frac{m}{sec}$ ג. $R = 10\ m$

5. ב. $T = 0.204\ day$ ג. $M = \frac{4\cdot\pi^2\cdot r^3}{T^2\cdot G}$

6. א. $I = 0.0125\ A$ ג. $I = 0.0136\ A$ (1) ד. $I = 0.0214\ A$ (1)

7. ב. $E = 8.6\cdot10^6\ J$ ג. $E = 4\cdot10^4\ \frac{N}{q}$ ד. $I = 85\ A$

8. ב. $R = 9\ \Omega$ ג. $I = 55.8\ mA$ ד. 0.675

9. א. $-Z$ (1) $+X$ (2) $+Z$ (3) $-Z$ (4) ב. $v = \frac{E}{B}$
ג. (1) $\frac{e}{m} = \frac{E}{B^2R}$ (2) $R = 0.18\ m$

10. ג. $B_E = 2.9\cdot10^{-5}\ T$

11. ג. (1) לא (2) לא (3) כן (4) לא

12. ב. (1) בונה (2) בונה (3) הורסת (4) הורסת (5)ביניים

13. א. $E_{ph} = 2.11\ eV$ ב. $E_4-E_2=2.11\ eV$ ג. לא ד. $E_3-E_2=1.83\ eV$

14. א. Br יציב יותר ב. $\Delta E_U = 2.78\cdot10^{-10}\ J$ ג. $0.377\cdot10^{-10}\ J$
ד. $n = 2.12\cdot10^{20}$

15. א. $T = \frac{Mg}{2\cdot\sin(60^0)}$ ב. $\alpha = \frac{3}{2}\frac{g}{L}$ ג. $v = \sqrt{\frac{12}{7}gL}$ ד. קטן

16. א. $H_A = 0.45\ m$ $H_B = 0.1\ m$ ב. $N = 8.57\ N$

17. א. I–מתח המקור ב. $\phi=0$ ג. $L = 0.2533\ H$ ד. $R_L = 2\ \Omega$ ה. תקטן

18. א. $I = 0.5\ A$ ב. $L = 0.0636\ H$ ג. $C = 1.59\cdot10^{-4}\ F$
ד. (1) I_R לא ישתנה, I_L יקטן, I_C יגדל (2) יגדל

19. ב. (2) לא. (3) גרף ב' ג. חסר נתון ד. תשובה שונה

20. א. $G = 512{,}500\ kg$ ג. $P = 3.56\cdot10^5\ \frac{N}{m^2}$ ד. (2) $W = 1.78\cdot10^5\ J$

פיתרון מספר 1 - מכניקה

א. מהירות רגעית היא המהירות הממוצעת לאורך קטע, כאשר הזמן שואף לאפס. מאחר ואין לנו נתונים רגעיים, כל מה שיש ביכולתנו לעשות זה לחשב מהירות ממוצעת בקטע זמן המכיל את הזמן הדרוש:

$$v_{0.06} \approx \overline{v_{0.04-0.08}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.048-0.020}{0.08-0.04} = 0.7\,\frac{m}{sec}$$

ב.

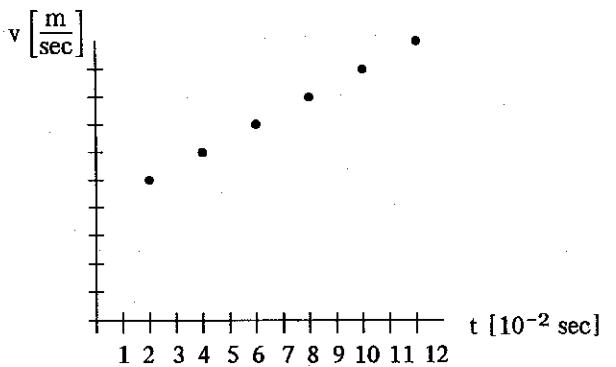
$$v_{0.10} \approx \overline{v_{0.08-0.12}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.084-0.048}{0.12-0.08} = 0.9\,\frac{m}{sec}$$

$$v_{0.08} \approx \overline{v_{0.06-0.10}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.065-0.033}{0.10-0.06} = 0.8\,\frac{m}{sec}$$

$$v_{0.04} \approx \overline{v_{0.02-0.06}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.033-0.009}{0.06-0.02} = 0.6\,\frac{m}{sec}$$

$$v_{0.02} \approx \overline{v_{0-0.04}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0.020-0}{0.04-0} = 0.5\,\frac{m}{sec}$$

ג.



ד. התאוצה קבועה מאחר והקו ישר. התאוצה היא שיפוע הקו:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.9-0.5}{0.1-0.02} = 5\,\frac{m}{sec^2}$$

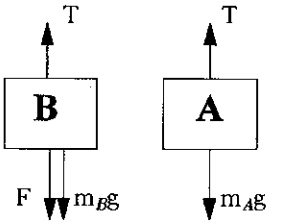
ה. המהירות הולכת וגדלה, אבל בתאוצה הולכת וקטנה מאחר והכוח המושך $g\cdot\sin(\alpha)$ קטן. הגרף הוא לכן גרף II בו השיפוע הולך וקטן.

פיתרון מספר 2 - מכניקה

א. הגוף A נמצא בשיווי משקל, כך שהכוח המושך אותו (המתיחות בחוט) שווה למשקלו:

$$\Sigma F_y = 0 \implies T = m_a g = 3\cdot 10 = 30\ N$$

ב. נשרטט, קודם כל, תרשים כוחות לשני הגופים:



שתי המשוואות הן:

$F + m_Bg - T = m_ba$ $\qquad$ $T - m_Ag = m_Aa$

$15 + 2\cdot10 - T = 2a$ $\qquad$ $T - 3\cdot10 = 3a$

פתרון שתי המשוואות הוא: $a = 1\,\frac{m}{sec^2}$; $T = 33\ N$

ג. כאשר $F = 0$ המשוואות הן:

$0 + 2\cdot10 - T = 2a$ $\qquad$ $T - 3\cdot10 = 3a$

והפתרון הוא: $a = -2\,\frac{m}{sec^2}$

משמעות ה- (-) היא שהגוף בתאוטה.

ד. נחשב את המרחק שעובר הגוף עד לעצירה.
בחלק התאוצה מתקדם הגוף:

$$\Delta x = v_0t + \frac{1}{2}\cdot a\cdot t^2 = 0 + \frac{1}{2}\cdot1\cdot2^2 = 2\ m$$

המהירות הסופית היא: $v = v_0 + a\cdot t = 0 + 1\cdot2 = 2\,\frac{m}{sec}$

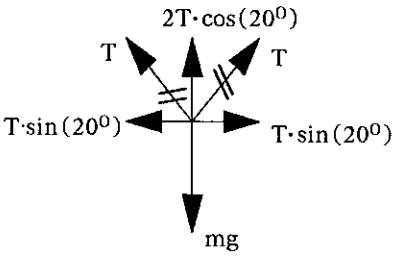
בחלק השני מתקדם הגוף:

$$v^2 = v_0^2 + 2\cdot a\cdot\Delta x \implies \Delta x = \frac{v^2 - v_0^2}{2\cdot a} = \frac{0^2 - 2^2}{2\cdot(-2)} = 1\ m$$

סך כל המרחק שהגוף עובר הוא: $\Delta x = 2 + 1 = 3\ m$
הגוף נמצא, לכן $0.5\ m$ מן הרצפה.

פיתרון מספר 3 - מכניקה

א. תרשים הכוחות הוא:



$$\Sigma F_y = 0 \implies 2T\cdot\cos(20^0) = mg \implies T = \frac{mg}{2\cdot\cos(20^0)} = \frac{50\cdot 10}{2\cdot\cos(20^0)} = 266\,N$$

ב. החוט יקרע במצב המתואר בתרשים ג'. כפי שהוכחנו בסעיף ב', הקשר בין המתיחות והזווית הוא:

$$T = \frac{mg}{2\cdot\cos(\alpha)}$$

ככל שהזווית α גדולה יותר, כך $\cos(\alpha)$ קטן יותר, ולכן המתיחות גדולה יותר.

ג. החבל נקרע מכיוון שהמתיחות בתאוצה כלפי מעלה גדולה ממשקל הגוף מאחר והיא גם מספקת תאוצה למסה:

$$\Sigma F_y = ma \implies T - mg = ma \implies T = m\cdot(g + a) > mg$$

פיתרון מספר 4 - מכניקה

א. על פי הנתונים על הנפילה החופשית: $H = \frac{1}{2}\cdot g\cdot t^2 = \frac{1}{2}\cdot 10\cdot 3^2 = 45\ m$

ב. מאחר ואין חיכוך מתקיים שימור אנרגיה:

$$m\cdot g\cdot H = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v_C^2 \quad \Rightarrow v_C = \sqrt{2\cdot g\cdot H} = \sqrt{2\cdot 10\cdot 45} = 30\ \frac{m}{sec}$$

ג. מן הנתון על המאזניים נמצא שהכוח הנורמלי שווה ל- 10mg:

$$N - mg = m\cdot\frac{v^2}{R} \implies 10mg - mg = m\cdot\frac{v^2}{R} \implies 9mg = m\cdot\frac{v^2}{R}$$

$$R = \frac{v^2}{9g} = \frac{30^2}{9\cdot 10} = 10\ m$$

ד. משקול הכוחות בתנועה מעגלית:

$$mg - N = m\cdot\frac{v^2}{R} \implies N = mg - m\cdot\frac{v^2}{R} < mg$$

פיתרון מספר 5 - מכניקה

א. החוק השלישי של קפלר: $\frac{T^2}{R^3} = const.$

נחשב את היחס לגבי כל אחד מן הירחים:

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{1.77^2}{4.22^3} = 0.0417\ \frac{day^2}{[10^5\ km]^3}$$

$$\frac{T_2^2}{R_2^3} = \frac{3.55^2}{6.71^3} = 0.0417\ \frac{day^2}{[10^5\ km]^3}$$

$$\frac{T_3^2}{R_3^3} = \frac{7.16^2}{10.7^3} = 0.0417\ \frac{day^2}{[10^5\ km]^3}$$

$$\frac{T_4^2}{R_4^3} = \frac{16.69^2}{18.83^3} = 0.0417\ \frac{day^2}{[10^5\ km]^3}.$$

ב. הנתון הוא: $R = 1\ [10^5\ km]$

$$\frac{T^2}{R^3} = 0.0417\ \frac{day^2}{[10^5\ km]^3} \implies T = \sqrt{R^3 \cdot 0.0417} = \sqrt{1^3 \cdot 0.0417} = 0.204\ day$$

ג. מחוק ניוטון בתנועה מעגלית:

$$\frac{GMm}{r^2} = m \cdot \omega^2 r \implies M = \frac{\omega^2 \cdot r^3}{G} = \frac{\left[\frac{2\pi}{T}\right]^2 \cdot r^3}{G} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r^3}{T^2 \cdot G}$$

ד. זמן המחזור יהיה שונה מכיוון שהקבוע תלוי במסת הכוכב.

פיתרון מספר 6 - חשמל

א. $$I = \frac{\epsilon}{R + r} = \frac{1.5}{100 + 20} = 0.0125\ A$$

ב. $$\frac{P_{\text{מופק}}}{P_{\text{מושקע}}} = \frac{I^2 R}{I^2 (R + r)} = \frac{R}{(R + r)} = \frac{20}{20 + 100} = \frac{1}{6}$$

ג. $$I = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{R + r_1 + r_2} = \frac{1.5 + 1.5}{20 + 100 + 100} = 0.0136\ A$$

$$\frac{P_{\text{מופק}}}{P_{\text{מושקע}}} = \frac{I^2 R}{I^2 (R + r_1 + r_2)} = \frac{R}{(R + r_1 + r_2)} < \frac{R}{(R + r_1)}$$

ד. הכ.א.מ. הוא רק של מקור אחד וההתנגדות השקולה של המקורות היא התנגדות במקביל.

$$I = \frac{\epsilon_1}{R + \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}} = \frac{1.5}{20 + \frac{100 \cdot 100}{100 + 100}} = 0.0214\ A$$

$$\frac{P_{\text{מופק}}}{P_{\text{מושקע}}} = \frac{I^2R}{I^2\left[R+\frac{(r_1 \cdot r_2)}{r_1 + r_2}\right]} = \frac{R}{\left[R+\frac{(r_1 \cdot r_2)}{r_1 + r_2}\right]} = \frac{20}{\left[20+\frac{100\cdot 100}{100 + 100}\right]} = \frac{2}{7}$$

פיתרון מספר 7 - חשמל

א. קבל הוא גוף המסוגל לאגור בתוכו מטענים חשמליים חיוביים ושליליים תו יצירת מתח חשמלי ביניהם.

ב. קיבול הקבל הוא: $C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \frac{S}{d} = 8.85\cdot 10^{-12} \cdot 1.2 \cdot \frac{2\cdot 10^6}{500} = 4.25\cdot 10^{-8}\ F$

$$E = \frac{1}{2}\cdot C\cdot V^2 = \frac{1}{2}\cdot 4.25\cdot 10^{-8}\cdot [2\cdot 10^7]^2 = 8.6\cdot 10^6\ J$$

ג. השדה החשמלי הוא (לא להתבלבל! עכשיו E הוא שדה חשמלי):

$$E = \frac{V}{d} = \frac{2\cdot 10^7}{500} = 4\cdot 10^4\ \frac{N}{q}$$

הכוח על האלקטרון הוא:

$$F = E\cdot q = 4\cdot 10^4 \cdot 1.6\cdot 10^{-19} = 6.4\cdot 10^{-15} N$$

ד. המטען האגור בקבל הוא: $Q = C\cdot V = 4.25\cdot 10^{-8}\cdot 2\cdot 10^7 = 0.85\ q$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{0.85}{0.01} = 85\ A$$

פיתרון מספר 8 - חשמל

א. כאשר כמות הדלק במיכל קטנה המצוף יורד והנגד המשתנה גדל. עקב הגדלת הנגד המשתנה קטן הזרם במעגל וקטנה הקריאה באמפרמטר.

ב. $I = \frac{\epsilon}{r + R} \implies R = \frac{\epsilon}{I} - r = \frac{12}{0.5} - 15 = 9\ \Omega$

ג. $I = \frac{\epsilon}{r + R} = \frac{12}{15 + 200} = 0.0558\ A = 55.8\ mA$

ד. מיכל מלא - 500 mA. מיכל ריק - 55.8 mA

$$\frac{[500 - 55.8] - [200 - 55.8]}{500 - 55.8} = 0.675$$

פיתרון מספר 9 - חשמל

א. (1) כיוון השדה החשמלי הוא מהקוטב החיובי לקוטב השלילי - ציר Z-
(2) כיוון השדה המגנטי, על פי כלל יד שמאל, הוא בכיוון ציר X+
(3) כיוון הכוח החשמלי הוא בכיוון הפוך לכיוון השדה החשמלי - ציר Z+
(4) כיוון הכוח המגנטי, על פי כלל יד שמאל למטען שלילי, הוא ציר Z-

ב. $qvB = qE \implies v = \frac{E}{B}$

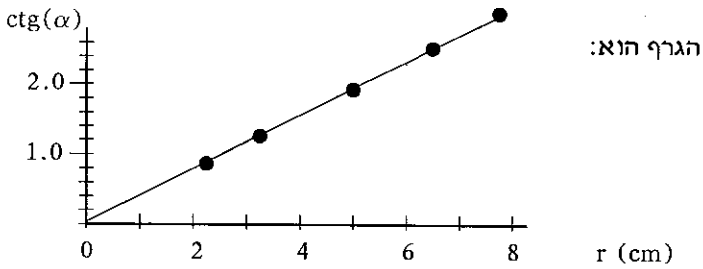
ג. $e \cdot v \cdot B = m \cdot \frac{v^2}{R} \implies \frac{e}{m} = \frac{v}{B \cdot R} = \frac{\frac{E}{B}}{B \cdot R} = \frac{E}{B^2 R}$

ד. $\frac{e}{m} = \frac{E}{B^2 R} \implies R = \frac{E \cdot m}{e \cdot B^2} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 9.1 \cdot 10^{-31}}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot [8 \cdot 10^{-4}]^2} = 0.18\ m$

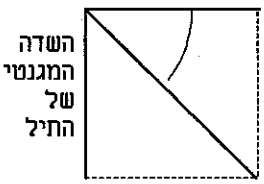
פיתרון מספר 10 - חשמל

r (cm)	2.2	3.6	5.0	6.3	7.8
זווית (מעלות)	48.5	36	26	21	18
ctg הזווית	0.9	1.4	2.1	2.6	3.1

הגרף הוא:



ב. הזווית נוצרת בגלל השדה המגנטי השקול של כדור הארץ והתיל.



ג. השדה המגנטי של התיל הוא:

$$B_I = \frac{2\cdot 10^{-7}\cdot I}{r} = \frac{2\cdot 10^{-7}\cdot 3.7}{r} = \frac{7.4\cdot 10^{-7}}{r}$$

$$ctg(\theta) = \frac{B_E}{B_I} = \frac{B_E\cdot r}{7.4\cdot 10^{-7}}$$

שיפוע הגרף של $ctg(\theta)$ כפונקציה של r שווה לכן ל- $\frac{B_E}{7.4\cdot 10^{-7}}$.

נסתכל על הגרף ונמצא מתוכו את השיפוע:

$$\frac{B_E}{7.4\cdot 10^{-7}} = \frac{3.1-0.9}{(7.8-2.2)\cdot 10^{-2}}$$

ומכאן: $B_E = 2.9\cdot 10^{-5}\ T$

ד. הערכים היו משתנים מאחר והרכיב האופקי של כדור הארץ משתנה מנקודה לנקודה על פני כדור הארץ.

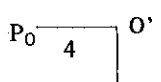
פיתרון מספר 11 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. מחוק סנל למצב של שבירה גמורה: $n_2 \sin(\alpha_2) = n_1 \sin(\alpha_1)$

$$n_1 \sin(\alpha_C) = 1 \sin(90^0) \implies \sin(\alpha_c) = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{2.236} = 0.447$$

$$\alpha_C = 26.57^0 \implies tg(\alpha_C) = tg(26.57^0) = 0.5$$

ב. הנקודה P_0 נמצאת ארבע נקודות שמאלה ושמונה משבצות למעלה מן הנקודה O.



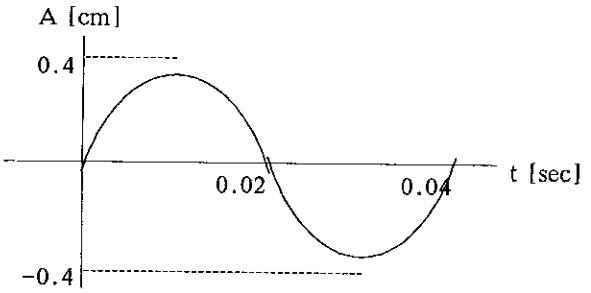
ג. (1) לא קיימת נקודה כזו. כדי שאור היוצא מן הנקודה O יפגע בנקודה K_1 הוא צריך לפגוע בפני הנוזל במחצית המרחק בין הנקודות. המרחק בין הנקודות הוא 5 משבצות, כך ש- 2.5 משבצות זה פחות מהמרחק לנקודה P_0.
(2) לא קיימת נקודה כזו, מאחר והקרן המוחזרת מפני הנוזל תפגע במחיצה האטומה AB.
(3) כן קיימת נקודה כזו הנמצאת 8 משבצות שמאלה מנקודה O.
(4) לא קיימת נקודה כזו כי הקרן האמורה להיות הקרן הפוגעת תפגע במחיצה האטומה לפני פגיעתה בפני הנוזל.

פיתרון מספר 12 - שאלון פרקי בחירה - תורת האור והגלים

א. המרחק בין שתי חזיתות גל הוא אורך גל. בין שני המקורות יש חמש חזיתות גל ולכן, מכיוון שהמרחק בין הנקודות הוא 5 cm, הרי אורך הגל הוא 1 cm.

ב. (1) התאבכות בונה. חזיתות הגל נמצאות שתיהן בשיא החיובי.
(2) התאבכות בונה. חזיתות הגל נמצאות שתיהן בשיא השלילי.
(3) התאבכות הורסת. חזית הגל של מקור S_1 נמצאת בשיא החיובי. חזית הגל של מקור S_2 נמצאת בשיא השלילי.
(4) התאבכות הורסת. הפרש הדרכים הוא 1.5 cm שהם פעם וחצי אורך הגל.
(5) נקודת ביניים. הפרש הדרכים אינו מספר שלם או חצי שלם של אורך הגל.

ג. $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{25} = 0.04 \text{ sec}$



פיתרון מספר 13 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. $E_{ph} = \frac{12,400}{\lambda} = \frac{12,400}{5880} = 2.11\ eV$

ב. הקו השחור נוצר כתוצאה מבליעה של פוטון המעורר את הרמה n=2 עד לרמה n=4:

$\Delta E = E_4 - E_2 = -1.52 - (-3.63) = 2.11\ eV$

ג. לא. הקרינה האנרגטית ביותר באור הנראה (4000 Å) היא בעלת אנרגיה של 3.1 eV. האנרגיה הדרושה לינון אלקטרון הנמצא ברמה השניה הוא 3.63 eV.

ד. לאלקטרון החופשי חייבת להיות אנרגיה קינטית מספיקה להעלות את האלקטרון הקשור לפחות ברמה אחת:

$\Delta E = E_3 - E_2 = -1.80 - (-3.63) = 1.83\ eV$

פיתרון מספר 14 - שאלון פרקי בחירה - פיסיקה מודרנית

א. Br יותר יציב מאורנים מאחר ויש לו יותר אנרגיה לנוקלאון (נמצא גבוה יותר בגרף).

ב. מן הגרף אנחנו קוראים: $\frac{\Delta E}{A} = 7.4\ MeV$

$\Delta E_U = A \cdot 7.4\ MeV = 235 \cdot 7.4 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 2.78 \cdot 10^{-10}\ J$

ג. $\Delta E_{Br} = A \cdot 8.6\ MeV = 87 \cdot 8.6 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 1.197 \cdot 10^{-10}\ J$

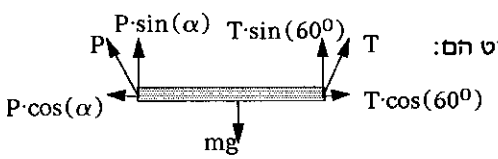
$\Delta E_{La} = A \cdot 8.4\ MeV = 146 \cdot 8.4 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} = 1.96 \cdot 10^{-10}\ J$

$\Delta E_U - \Delta E_{Br} - \Delta E_{La} = (2.78 - 1.197 - 1.96) \cdot 10^{-10} = 0.377 \cdot 10^{-10}\ J$

ד. $P = \eta \cdot n \cdot \Delta E \implies n = \frac{P}{\eta \cdot \Delta E} = \frac{2 \cdot 10^9}{0.25 \cdot 0.377 \cdot 10^{-10}} = 2.12 \cdot 10^{20}$

פיתרון מספר 15 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח

הכוחות הפועלים על המוט הם:



א. משקול המומנטים ביחס לציר נקבל:

$$T\cdot\sin(60^0)\cdot 2L = Mg\cdot L \quad\Longrightarrow\quad T = \frac{Mg}{2\cdot\sin(60^0)}$$

ב. מומנט ההתמד ביחס לציר הוא:

$$I = \frac{1}{12}\cdot M\cdot L^2 + M\cdot\left[\frac{L}{2}\right]^2 = \frac{1}{3}\cdot M\cdot L^2$$

$$\tau = I\cdot\alpha \quad\Longrightarrow\quad \alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{Mg\cdot\frac{L}{2}}{\frac{1}{3}\cdot M\cdot L^2} = \frac{3}{2}\cdot\frac{g}{L}$$

ג. משיקולי אנרגיה:

$$Mg\cdot\frac{L}{2} = \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2 + \frac{1}{2}\cdot M\cdot v^2$$

נציב: $v = \omega\cdot\frac{L}{2}$; $I = \frac{1}{3}\cdot M\cdot L^2$

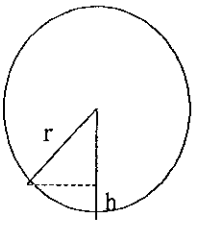
$$Mg\cdot\frac{L}{2} = \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{3}\cdot M\cdot L^2\cdot\omega^2 + \frac{1}{2}\cdot M\cdot\left[\omega\cdot\frac{L}{2}\right]^2$$

$$\omega^2 = \frac{12\cdot g}{7\cdot L} \quad\Longrightarrow\quad \omega = \sqrt{\frac{12\cdot g}{7L}}$$

$$v = \omega\cdot L = \sqrt{\frac{12\cdot g}{7L}}\cdot L = \sqrt{\frac{12\cdot g\cdot L^2}{7L}} = \sqrt{\frac{12}{7}gL}$$

ד. המומנט קטן מאחר והמרחק בין מרכז הכובד וציר הסיבוב קטן.

פיתרון מספר 16 - שאלון פרקי בחירה - מכניקה של גוף קשיח



א. כאשר הכדור בנקודה A:

$$H_A = 0.4 + h = 0.4 + [r - r\cdot\cos(60^0)]$$
$$H_A = 0.4 + 0.1\cdot[1 - \cos(60^0)] = 0.45\ m$$

כאשר הכדור בנקודה B:

$$H_B = r = 0.1\ m$$

ב. נמצא את מהירות הכדור משיקולי אנרגיה:

$$mg\cdot(H_A - H_B) = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot I\cdot\omega^2 = \frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot\left[\frac{2}{5}mr^2\right]\left[\frac{v}{r}\right]^2 = \frac{7}{10}\cdot m\cdot v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{10}{7}g\cdot(H_A - H_B)} = \sqrt{\frac{10}{7}\cdot 10\cdot(0.45 - 0.1)} = \sqrt{5}\ \frac{m}{sec}$$

$$N - mg = m\frac{v^2}{r} \implies N = m\cdot\left[g + \frac{v^2}{r}\right] = 0.5\cdot\left[10 + \frac{\sqrt{5}^2}{0.8 - 0.1}\right] = 8.57\ N$$

ג. התאוצה הזוויתית תלויה ביחס ישר במומנט: $\tau = I\alpha \implies \alpha = \frac{\tau}{I}$

ככל שהזווית גדולה יותר כך המומנט גדול יותר (המרחק בין קו הכוח של המשקל ומרכז הכדור גדול יותר) לכן התאוצה המכסימלית היא בנקודה A. בנקודה B, לעומת זאת היא אפס.

פיתרון מספר 17 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. המצב הוא מצב של תהודה (אין הפרש מופע בין מתח המקור והמתח על הנגדים). עקומה I מתארת את המתח של המקור כי הוא כולל גם את המתח על ההתנגדות של הסליל.

ב. הפרש המופע שווה לאפס. תמיד אין הפרש מופע בין המתח על הנגד ובין הזרם, ומכיוון שאין הפרש מופע בין מתח המקור והמתח על הנגד, אין גם הפרש מופע בין מתח המקור והזרם במעגל.

ג. מכיוון שהמצב הוא של תהודה: $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \implies 2\cdot\pi\cdot f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$L = \frac{1}{4\cdot\pi^2\cdot f^2\cdot C} = \frac{1}{4\cdot\pi^2\cdot 100^2\cdot 10\cdot 10^{-6}} = 0.2533\ H$$

ד. $\frac{V_Z}{V_R} = \frac{I\cdot(R + R_L)}{I\cdot R} \implies \frac{12}{9} = \frac{6 + R_L}{6} \implies R_L = 2\ \Omega$

ה. הכנסת הליבה תשנה את השראות הסליל ולכן תוציא את המעגל מתהודה. מאחר ובתהודה עוצמת הזרם מקסימלית, ברורו שבכל מצב אחר עוצמת הזרם תקטן.

פיתרון מספר 18 - שאלון פרקי בחירה - זרם חילופין

א. (1) הפרש המופע בין הזרם בסליל והזרם בקבל הוא π ולכן הם מתטלים זה את זה והמצב הוא מצב של תהודה. הזרם במקור הוא רק הזרם בנגד:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{10}{20} = 0.5\ A$$

(2) אין הפרש מופע בין המתח והזרם כי המצב הוא מצב של תהודה.

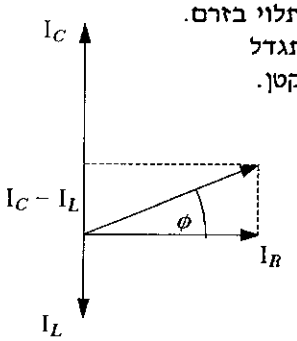
ב. העכבה של הסליל זהה לעכבת הנגד: $X_L = 20\ \Omega$

$$\omega \cdot L = 2\cdot\pi\cdot f\cdot L = 20 \quad \Rightarrow \quad L = \frac{20}{2\cdot\pi\cdot f} = \frac{20}{2\cdot\pi\cdot 50} = 0.0636\ H$$

ג. העכבה של הקבל זהה לעכבת הנגד: $X_L = 20\ \Omega$

$$\frac{1}{\omega\cdot C} = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot f\cdot C} = 20 \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot f\cdot 20} = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot 50\cdot 20} = 1.59\cdot 10^{-4}\ F$$

ד. (1) הזרם על הנגד I_R לא ישתנה כי הוא אינו תלוי בזרם.
הזרם על הסליל I_L יקטן כי עכבת הסליל תגדל
הזרם על הקבל I_C יגדל כי עכבת הקבל תקטן.
(2)

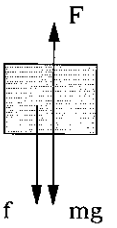


(3) הזרם השקול בתהודה מקבילית הוא מינימלי. ביציאה מתהודה יגדל, לכן הזרם.

פיתרון מספר 19 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. הקוביה עלתה מאחר וכוח העילוי גדול ממשקל הקוביה, כל זמן שכולה שקועה במים.

ב. (1) הכוחות הן המשקל (mg) והתנגדות המים (f) כלפי מטה, וכוח העילוי (F) כלפי מעלה.



(2) לא. כוח העילוי שווה למשקל הנוזל שנדחה. מכיוון שנפח הקוביה קבוע גם כוח העילוי קבוע.

(3) הגרף הוא גרף ב'. ככל שהמהירות גדולה יותר כך כוח התנגדות המים גדול יותר והכוח השקול קטן יותר.

ג. ללא הנתון על צפיפות הקרח אין אפשרות לפתור סעיף זה. בעיקרון, היחס בין הנפח השקוע והנפח כולו הוא יחס הצפיפויות. צפיפות קרח היא 900 kg/m^3 כך ש-90% מן הקרח שקוע במים בעוד 10% בולטים מעל פני המים.

ד. התשובה לגבי עץ היא שונה מאחר היחס בין החלק השקוע וכלל הנפח הוא יחס הצפיפיות.

פיתרון מספר 20 - שאלון פרקי בחירה - תורת הנוזלים והגזים

א. מאחר והצוללת צפה, משקל הצוללת שווה למשקל הנוזל שנדחה:

$$G = V\cdot\rho = 500\cdot1025 = 512{,}500\ kg$$

ב. על ידי הכנסת והוצאת מים מן הצוללת משתנה משקלה (נפחה לא משתנה ולכן כוח העילוי קבוע) וכך ניתן ליצור משקל גדול או קטן מכוח העילוי.

ג. הלחץ הכולל הוא הלחץ האטמוספירי והלחץ ההידרוסטטי:

$$P = P_0 + \rho\cdot g\cdot h = 10^5 + 1025\cdot10\cdot25 = 3.56\cdot10^5\ \frac{N}{m^2}$$

ד. $$W = F\cdot\Delta x = P\cdot S\cdot\Delta x = P\cdot V \qquad (1)$$

$$W = P\cdot V = 3.56\cdot10^5\cdot0.5 = 1.78\cdot10^5\ J \qquad (2)$$

מעבדת חקר - תנודות מטוטלת אוילר

4. הכדור ימצא בנקודה A.

7. $\sqrt{d}$ תלוי ביחס ישר ב- T. $$T = C + \frac{\pi}{\sqrt{g}}\cdot\sqrt{d}$$

התוצאה של גרף של T כפונקציה של $\sqrt{d}$ היא קו ישר ששיפועו הוא $\frac{\pi}{\sqrt{d}}$.

12. את התאוצה החופשית g ניתן לחשב משיפוע הגרף.

13. כאשר מגדילים את המרחק d גדל גם זמן המחזור T. מאחר ושגיאת המדידה ΔT אינה משתנה, היחס קטן והשגיאה היחסית קטנה.

דף נוסחאות

מכניקה

קינמטיקה

מהירות רגעית $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$

תאוצה רגעית $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

תנועה שוות תאוצה

$v = v_0 + at$

$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$

$x = x_0 + \frac{v_0 + v}{2} t$

$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

מהירות של B ביחס ל A

$\vec{v}_{B,A} = \vec{v}_B - \vec{v}_A$

כוחות

כוח הכובד $W = mg$

חוק הוק $F = k\Delta\ell$

חיכוך במנוחה $f_s \le \mu_s N$

חיכוך החלקה $f_k = \mu_k N$

החוק השני של ניוטון $\Sigma\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$

$\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$

עבודה, אנרגיה והספק

עבודה $W = \int_{s_1}^{s_2} F\cos\theta\, ds$

עבודה של כוח קבוע $W = F\cos\theta\,\Delta s$

אנרגיה קינטית $E_k = \frac{mv^2}{2}$

שינוי אנרגיה פוטנציאלית כובדית

(שדה אחיד) $\Delta U_G = mg\Delta h$

אנרגיה פוטנציאלית אלסטית

(במצב רפוי $U_{e\ell}=0$) $U_{e\ell} = \frac{1}{2}k(\Delta\ell)^2$

עבודה - אנרגיה $W_{\Sigma\vec{F}} = \Delta E_k$

עבודת שקול הכוחות הלא משמרים

(E - אנרגיה מכנית כוללת) $W = \Delta E$

הספק רגעי $P = \frac{dW}{dt}$

הספק מכני רגעי $P = Fv\cos\theta$

מתקף ותנע

מתקף-תנע $\int_{t_1}^{t_2} \vec{F}\, dt = \Delta(m\vec{v})$

בכוח קבוע $\vec{F}\Delta t = \Delta(m\vec{v})$

שימור תנע $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$

בהתנגשות אלסטית חד-ממדית

$v_1 - v_2 = u_2 - u_1$

מודל של גז אידיאלי

משוואת המצב של גז אידיאלי

$pV = nRT$

החוק הראשון של התרמודינמיקה

$\Delta U = Q - W$

תנועות מחזוריות

$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$

תנועה מעגלית

מהירות זוויתית $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

תאוצה מרכזית $a_R = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

תנועה הרמונית

משוואת התנועה $-kx = m\frac{d^2x}{dt^2}$

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$

פונקציית "מקום-זמן" $x = A\cos(\omega t + \phi)$

מהירות $v = -\omega A \sin(\omega t + \phi)$

$v = \pm\,\omega\sqrt{A^2 - x^2}$

תאוצה $a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi)$

$a = -\omega^2 x$

זמן המחזור $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

מטוטלת פשוטה $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

כבידה

כוח הכבידה $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$

אנרגיה פוטנציאלית כובדית

$U_G = -\frac{GMm}{r}$ $(U_G(\infty) = 0)$

חוקי קפלר

החוק השני (חוק השטחים) $\frac{dA}{dt} =$ קבוע

החוק השלישי $\left(\frac{\bar{R}_1}{\bar{R}_2}\right)^3 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$

אנרגיה של לווין במסלול מעגלי

קינטית $E_k = \frac{GMm}{2r} = -\frac{U_G}{2}$

כוללת $E = -\frac{GMm}{2r}$

מכניקה של גוף קשיח

מהירות זוויתית $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

תאוצה זוויתית $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$

מומנט של כוח $\tau = rF\sin\theta$; $\vec{\tau} = \vec{r}\times\vec{F}$

חוק שני של ניוטון לתנועה סיבובית

$\Sigma\tau = I\alpha$

מרכז מסה $\bar{x} = \frac{\Sigma m_i x_i}{M}$ $\bar{y} = \frac{\Sigma m_i y_i}{M}$

מומנט התמדה $I = \Sigma\, m_i r_i^2$

$I = \int r^2 dm$

מומנט התמדה לגבי ציר סימטריה

מוט $\frac{1}{12}mL^2$

גליל מלא $\frac{1}{2}mR^2$

גליל חלול דק mR^2

טבעת גלילית $\frac{1}{2}m(R_1^2 + R_2^2)$

כדור חלול $\frac{2}{3}mR^2$

כדור מלא $\frac{2}{5}mR^2$

משפט שטיינר $I = I_{c.m.} + ms^2$

זמן מחזור של מטוטלת פיסיקלית

$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{mgs}}$

נקיפה (פרצסיה) $\Omega = \frac{\tau}{I\omega}$

אנרגיה קינטית סיבובית $E_k = \frac{I\omega^2}{2}$

עבודה $W = \tau\theta$

הספק $P = \tau\omega$

תנע זוויתי של גוף נקודתי $\vec{L} = \vec{r}\times m\vec{v}$

תנע זוויתי $\vec{L} = I\vec{\omega}$

מתקף זוויתי - תנע זוויתי $\vec{\tau}\Delta t = \Delta\vec{L}$

חשמל ומגנטיות

אלקטרוסטטיקה

חוק קולון (בריק)	$F = k\frac{q_1q_2}{r^2}$ $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9\ \frac{N\cdot m^2}{C^2}$
שדה חשמלי	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
שדה חשמלי סביב מטען נקודתי	$E = k\frac{q}{r^2}$
שדה חשמלי על-פני כדור טעון	$E = k\frac{q}{R^2}$
עבודה חשמלית	$W = Vq$
פוטנציאל חשמלי סביב מטען נקודתי $(V_\infty = 0)$	$V = k\frac{q}{r}$
פוטנציאל על-פני כדור טעון $(V_\infty = 0)$	$V = k\frac{q}{R}$
אנרגיה של מוליך טעון	$U = \frac{1}{2}qV$
הגדרת הקיבול	$C = \frac{q}{V}$
קיבול של קבל לוחות	$C = \frac{\varepsilon A}{d}$ $\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$
שדה בין לוחות קבל	$E = \frac{V}{d}$
אנרגיה של קבל טעון	$U = \frac{1}{2}CV^2$

זרם חשמלי

זרם רגעי	$i = \frac{dq}{dt}$
חוק אום	$V = RI$
התנגדות של תיל	$R = \rho\frac{\ell}{A}$
עבודת הזרם החשמלי	$W = VIt$
הספק	$P = VI$
מתח הדקים	$V = \varepsilon - rI$
חוקי קירכהוף	$\Sigma I = 0$ $\Sigma\varepsilon = \Sigma IR$
זרם רגעי בקבל	$i = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$

שדה מגנטי

כוח על מטען בשדה מגנטי	$F = qvB\sin\alpha$ $\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$
כוח על תיל נושא זרם בשדה מגנטי	$F = I\ell B\sin\alpha$
הכוח ליחידת אורך בין שני תיילים ארוכים מקבילים	$\frac{F}{\ell} = \frac{\mu_0}{2\pi}\cdot\frac{I_1I_2}{d}$ $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\ \frac{T\cdot m}{A}$
שדה מגנטי: סביב תיל ישר וארוך	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$
במרכז סליל מעגלי דק (בעל רדיוס R ו N כריכות)	$B = \mu_0\frac{NI}{2R}$
בתוך סילונית ארוכה (בעלת אורך ℓ ו N כריכות)	$B = \mu_0\frac{NI}{\ell}$

כא"מ מושרה

כא"מ מושרה	$\varepsilon = -N\frac{d\Phi}{dt}$
כא"מ מושרה בתיל מוליך	$\varepsilon = B\ell v\sin\alpha$
כא"מ מושרה עצמית	$\varepsilon = -L\frac{di}{dt}$
כא"מ מושרה במחולל	$\varepsilon = NBA\omega\sin\omega t$
האנרגיה האגורה במשרן	$U = \frac{1}{2}Li^2$
יחס ההשנאה של שנאי אידיאלי	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2}$

מעגלי זרם חילופין

מתח חילופין	$v = V_0\sin\omega t$
זרם חילופין	$i = I_0\sin(\omega t - \varphi)$
ערכים אפקטיביים	$I = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad V = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$
עכבה	$Z = \frac{V}{I}$
העכבה במעגל RLC טורי	$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$
זווית המופע במעגל RLC טורי	$tg\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$
הספק ממוצע	$P = VI\cos\varphi$
תדירות עצמית של מעגל LC	$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
גורם האיכות	$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$
גורם האיכות במעגל RLC	$Q = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{RC\omega_0}$

קרינה וחומר

תורת האור הגיאומטרית

עוצמת הארה	$I \propto \frac{1}{R^2}$

עדשות ומראות כדוריות

נוסחת לוטשי העדשות

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

מראות

$$f = \frac{R}{2}$$

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad ; \quad S_0S_i = f^2$$

הגדלה קווית $m = \frac{H_i}{H_0} = \frac{|v|}{|u|} = \frac{f}{S_0} = \frac{S_i}{f}$

הגדלה זוויתית $\mu = \frac{tg\alpha}{tg\alpha_0}$

זכוכית מגדלת $\mu_{max} = \frac{d}{f} + 1$

$$\mu_{min} = \frac{d}{f}$$

גלים ותורת האור הפיסיקלית

מהירות גל מחזורי	$v = \lambda f$
חוק השבירה	$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

גל עומד במיתר שקצותיו קשורים

$$\ell = n\frac{\lambda}{2}$$

התאבכות ועקיפה

קווי צומת בהתאבכות משני מקורות

$$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} \approx (n + p - \frac{1}{2})\frac{\lambda}{d}$$

נוסחת יאנג $\frac{\Delta X}{L} = \frac{\lambda}{d}$

קווי מקסימום (עבור מספר מקורות גדול או שווה ל- 2)

$$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} \approx (n + p)\frac{\lambda}{d}$$

קווי מקסימום בסריג עקיפה

$$\sin\theta_n = n\frac{\lambda}{d} = nN^*\lambda$$

קווי צומת בעקיפה בסדק יחיד

$$\sin\theta_n = \frac{X_n}{L_n} = n\frac{\lambda}{w}$$

פיסיקה מודרנית

אנרגיה של פוטון $E = h\nu$

$$E\,(\text{eV}) = \frac{12400}{\lambda\,(\text{Å})}$$

אפקט פוטואלקטרי $E_k = h\nu - B$

נוסחת דה-ברויי $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$

הנחות בוהר $m_e v_n r_n = n\frac{h}{2\pi}$

$$h\nu = |E_f - E_i|$$

רמות אנרגיה באטום מימן

$$E_n = -\frac{R^*}{n^2} \quad (E_\infty = 0)$$

$$R^* = \frac{2\pi^2 k^2 m_e e^4}{h^2} = \frac{m_e e^4}{8\,\varepsilon_0^2\,h^2}$$

$$R^* = 13.6\ \text{eV}$$

רדיוסי מסלולי האלקטרון באטום מימן

$$r_n = r_1 n^2$$

$$r_1 = \frac{h^2}{4\pi^2 m_e k e^2}$$

$$r_1 = 0.529\ \text{Å}$$

עקרון האי-ודאות $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{2\pi}$

מסה -אנרגיה $\Delta E = \Delta m c^2$

דעיכה של מקור רדיואקטיבי

λ - קבוע הדעיכה $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

פעילות של מקור רדיואקטיבי

$$R = \lambda N$$

זמן מחצית החיים $T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

אסטרופיסיקה

משוואת שיווי-המשקל ההידרוסטטי

$$\frac{dp(r)}{dr} = -G\frac{M(r)\rho(r)}{r^2}$$

חוק ההעתק של וין $\lambda_{max} \cdot T = \alpha$

חוק סטפן בולצמן $E = \sigma T^4$

הספק הקרינה של כוכב

(בהירות, נהירות) $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$

שטף הקרינה S של כוכב $S = \frac{L}{4\pi r^2}$

חוק הבֶּל $v = H_0 \cdot r$

אפקט דופלר $z = \frac{\lambda_0 - \lambda_s}{\lambda_s} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$

תורת היחסות

קינמטיקה

הגדרות:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

v - מהירות בכיוון x של מערכת ייחוס (x',y',z') ביחס למערכת ייחוס (x,y,z)

טרנספורמציית לורנץ:

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$y' = y \quad ; \quad z' = z$$

$$t' = \gamma\left(t - v\frac{x}{c^2}\right)$$

התקצרות האורך $\ell = \frac{\ell_0}{\gamma}$

התארכות הזמן $\Delta t = \gamma \Delta t_0$

טרנספורמציית מהירויות:

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - v\frac{u_x}{c^2}}$$

חוקי שימור

הגדרה $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$

v - מהירות החלקיק

מסה $m = \gamma m_0$

אנרגיה קינטית $E_k = m_0 c^2(\gamma - 1)$

אנרגיית מנוחה $E_0 = m_0 c^2$

אנרגיה כוללת $E = m_0 c^2 + E_k = mc^2$

תנע $p = mv = \gamma m_0 v$

תנע ואנרגיה

$$E^2 = (pc)^2 + (m_0 c^2)^2$$

$$p = \frac{Ev}{c^2}$$

תרמודינמיקה

משוואת המצב של גז אידיאלי

$pV = nRT$

קיבולי חום מולריים של גז אידיאלי

$c_p - c_v = R$

למול אחד של גז אידיאלי חד-אטומי

$\overline{E}_k = \frac{3}{2}RT = c_vT$

$c_v = \frac{3}{2}R \quad ; \quad c_p = \frac{5}{2}R$

$\frac{c_p}{c_v} = \gamma = \frac{5}{3}$

למול אחד של גז אידיאלי דו-אטומי

$\overline{E}_k = \frac{5}{2}RT = c_vT$

$c_v = \frac{5}{2}R \quad ; \quad c_p = \frac{7}{2}R$

$\frac{c_p}{c_v} = \gamma = \frac{7}{5}$

החוק הראשון של התרמודינמיקה

$\Delta U = Q - W$

תהליך איזותרמי הפיך בגזים אידיאליים

$\Delta U = 0$

$Q = W = nRT\,\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$

תהליך אדיאבטי הפיך בגזים אידיאליים

$Q = 0$

$p_1V_1^{\gamma} = p_2V_2^{\gamma} \quad ; \quad T_1V_1^{\gamma-1} = T_2V_2^{\gamma-1}$

נצילות תרמודינמית $\eta = \frac{W}{Q} \le \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

אנטרופיה (S) $\quad \Delta S \ge 0$

בתהליכים הפיכים

$dS = \frac{dQ}{T} \quad ; \quad \Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$

$\Delta S = nc_v \ln\frac{T_2}{T_1} + nR\ln\frac{V_2}{V_1}$

אבחון רפואי

הנחתה של קרינת X או של גלים על-קוליים

$N = N_0e^{-\mu x}$ מקדם ההנחתה - μ

ניגודיות של תצלום רנטגן

$C = \frac{N_1 - N_2}{N_1 + N_2}$

מקדם ההחזרה של גלים על-קוליים (אנכיים למשטח)

$R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right)^2$

Z - עכבה אופיינית של תווך

נוזלים וגזים

לחץ	$p = \frac{F}{A}$
לחץ הידרוסטטי	$p = \rho gh$
כוח עילוי (סטטי)	$F = V\rho g$
חוק ברנולי	$\frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + y =$ קבוע
נוסחת הרציפות	$Av =$ קבוע
משוואת המצב של גז אידיאלי	$pV = nRT$

קבועים בסיסיים

(ערכי הקבועים רשומים בדיוק נמוך מהדיוק הניסיוני הידוע, ומשמשים לבחינת בגרות.)

שם הקבוע	סימון	יחידות	ערך
מהירות האור בריק	c	$m \times s^{-1}$	3×10^{8}
פרמיאביליות הריק	μ_0	$H \times m^{-1}$	1.256×10^{-6}
דיאלקטריות הריק	ε_0	$F \times m^{-1}$	8.85×10^{-12}
מטען האלקטרון	e	C	1.60×10^{-19}
קבוע פלאנק	h	$J \times s$	6.63×10^{-34}
		$eV \times s$	4.14×10^{-15}
קבוע הגרביטציה	G	$N \times m^{2} \times kg^{-2}$	6.67×10^{-11}
מסת מנוחה של אלקטרון	m_e	kg	9.11×10^{-31}
מסת מנוחה של פרוטון	m_p	kg	1.67×10^{-27}
מסת מנוחה של נויטרון	m_n	kg	1.67×10^{-27}
קבוע אבוגדרו	N_A	mol^{-1}	6.02×10^{23}
קבוע בולצמן	k	$J \times K^{-1}$	1.38×10^{-23}
קבוע הגזים	R	$J \times K^{-1} \times mol^{-1}$	8.31
קבוע סטפן	σ	$W \times m^{-2} \times K^{-4}$	5.67×10^{-8}
קבוע וין	α	$m \times K$	2.90×10^{-3}
קבוע הבל	H_o	$m \times s^{-1} \times Mpc^{-1}$	5×10^{4}

פירוש קיצורי היחידות

pc	פרסק	N	ניוטון	A	אמפר
ly	שנת אור	J	ג'אול	Ω	אום
AU	יחידה אסטרונומית	eV	אלקטרון וולט	V	וולט
m	מטר	MeV	מיליון אלקטרון וולט	Wb	ווּבר
Å	אנגסטרם	W	וט	T	טסלה
kg	קילוגרם	mol	מול	G	גאוס
gr	גרם	°C	מעלות צלזיוס	H	הנרי
u	יחידת מסה אטומית	K	מעלות קלווין	Hz	הרץ
s	שנייה	C	קולון	Pa	פסקל
h	שעה	F	פרד		

קשרים בין יחידות

אורך

$1\ AU = 1.5\times10^{11}\ m$

$1\ \ell y = 9.46\times10^{15}\ m$

$1\ pc = 3.26\ \ell y$

$= 206265\ AU$

$= 3.08\times10^{16}\ m$

$1\ \text{Å} = 10^{-10}\ m$

זמן

1 שנה שמשית = 365.25 יממות

1 שנה כוכבית = 366.25 יממות

מסה

$1u = 931.50\ \frac{MeV}{c^2} = 1.66\times10^{-27}\ kg$

אנרגיה

$1\ kW\cdot h = 3.6\times10^{6}\ J$

$1\ eV = 1.6\times10^{-19}\ J$

שדה מגנטי

$1\ \frac{Wb}{m^2} = 1T = 10^4\ G$

תנע

$1\ \frac{kg\times m}{s} = 1.87\times10^{21}\ \frac{MeV}{c}$

לחץ

1 אטמוספירה $= 1.01\times10^5\ \frac{N}{m^2}$

מעבר ממעלות קלווין למעלות צלזיוס

$t_C = T - 273$

נוסחות מתמטיות

היקף מעגל	$2\pi R$	נפח כדור	$\frac{4}{3}\pi R^3$
שטח עיגול	πR^2	עבור זוויות קטנות	$\sin\theta \approx \mathrm{tg}\,\theta \approx \theta$
שטח פני כדור	$4\pi R^2$		

גדלים הקשורים במערכת השמש

הגרם	מסה (kg)	רדיוס (m)	מחזור (יממות)	רדיוס מסלול ממוצע (m)	צפיפות ממוצעת $\left(\frac{gr}{cm^3}\right)$
ארץ	$M = 6\times10^{24}$	$R = 6.4\times10^{6}$	365.25	1.5×10^{11}	5.5
שמש	$2\times10^{30}\sim\frac{10^6}{3}M$	$7\times10^{8}\sim110R$	-	-	1.4
ירח	$7.3\times10^{22}\sim\frac{M}{81}$	$1.74\times10^{6}\sim\frac{3}{11}R$	27.3	$3.8\times10^{8}\sim60R$	3.3
מרקורי (כוכב חמה)	$0.05M$	2.6×10^{6}	88	5.8×10^{10}	5.6
נוגה (ונוס)	$0.8\ M$	6.3×10^{6}	245	1.1×10^{11}	5.2
מאדים (מרס)	$0.1\ M$	3.4×10^{6}	687	2.3×10^{11}	4.0
צדק (יופיטר)	$315\ M$	7.2×10^{7}	4333	7.8×10^{11}	1.3
שבתאי (סאטורן)	$94\ M$	6.0×10^{7}	10759	1.4×10^{12}	0.7
אורנוס	$14.4\ M$	2.7×10^{7}	30686	2.9×10^{12}	1.4
נפטון	$16.7\ M$	2.5×10^{7}	~60000	4.5×10^{12}	1.3
פלוטו			~90000	5.9×10^{12}	

המסות של חלקיקים אחדים

החלקיק	המסה בימ"א	המסה ב $\frac{MeV}{c^2}$	החלקיק	המסה בימ"א
אלקטרון	0.000549	0.511	הליום ^4He	4.00260
פרוטון	1.007277	938.279	ליתיום ^7Li	7.01601
נויטרון	1.008665	939.571	פחמן ^{12}C	12.00000
מימן ^1H	1.007825	938.789	חנקן ^{14}N	14.00307
דויטרון ^2H (רק הגרעין)	2.013553	1875.620	חמצן ^{16}O	15.99491

זמני מחצית חיים של רדיואיזוטופים אחדים המשמשים לאבחון רפואי

הרדיואיזוטופ	סוג הקרינה (האנרגיה MeV)	זמן מחצית חיים (ימים)
^{32}P	β^-	14.3
^{51}Cr	$\gamma(0.32)$	27.8
^{57}Co	$\gamma(0.136)$	270
^{82}Br	β^-	1.48
^{99}Tc	$\gamma(0.14)$	0.25
^{131}I	β^-, $\gamma(0.364)$	8.05
^{24}Na	β^-, $\gamma(1.37,2.75)$	0.63

תכונות אקוסטיות של תווכים אחדים

התווך	מהירות הקול $\left(\frac{m}{s}\right)$	עכבה אופיינית $\left(10^6 \frac{kg}{m^2 s}\right)$	מקדם הנחתה ** $\left(\frac{1}{cm}\right)$
אוויר	330	0.0004	2.3
מים	1500	1.5	0.0005
אלומיניום	6400	17	4.0
תווך ביולוגי * רקמה רכה (למעט שריר)	1500	1.5	0.1
שריר	1600	1.7	0.3
עצם	3500	6.0	2.0
ריאה	900	0.35	10

* ערכים ממוצעים.

** ערכי מקדם ההנחתה גדלים, ככל שתדירותו של הגל גבוהה יותר.

בטבלה נתונים ערכי מקדם ההנחתה בתדירות של 1 MHz .

מקדמי הנחתה לקרני X באנרגיות שונות

תכונות		מקדמי ההנחתה לקרינת X $\left(\frac{1}{cm}\right)$ (μ)				
מס' אטומי ממוצע $\bar{Z}$	צפיפות ρ $\frac{gr}{cm^3}$	45	40	35	25	אנרגיה ממוצעת (KeV) / החומר
6.9	0.91	0.19	0.20	0.23	0.31	שומן
7.4	1.00	0.22	0.24	0.28	0.44	שריר
13.8	1.85	0.69	0.86	1.2	2.7	עצם
33.0	1.4	6.5	9.0	14.0	5.7	Hypaque (מכיל יוד)
23.0	1.2	2.0	2.8	1.05	2.2	$BaSO_4$ (מלח בריום)
7.0	0.0013	0.00026	0.0003	0.00033	0.00065	אוויר
82.0	11.34	120.0	150.0	250.0	650.0	עופרת

מיון שאלות על פי נושאים

מכניקה

תנועה בקו ישר - 75/24 204/1 384/1 516/1 565/1 648/1 690/1

תנועה במישור - 474/2 518/3

החוק השני של ניוטון - 6/16 39/17 42/24 72/17 74/23 130/1
104/17 131/5 165/2 166/3 205/3 207/12 247/6 337/1 338/2
427/2 517/2 566/2 607/1 651/3 691/2 692/3

תנועה מעגלית - 39/18 105/19 205/4 246/3 295/3 340/4 386/4
428/4 567/3 607/2 693/4

עבודה ואנרגיה - 8/21 107/23 609/4 652/5

תנועה באויר - 131/4 165/1 204/2 245/1 294/1 384/2 426/1 473/1

תנע - 6/15 72/18 107/24 131/3 245/2 294/2 339/3 428/3 475/3
519/4 568/4 608/3 649/2

תנועה הרמונית - 40/19 46/32 104/18 130/2 166/4 246/4 296/4
344/11 385/3 429/5 476/4 652/4

כבידה - 6/17 72/19 140/30 166/5 167/6 206/5 247/5 296/5
297/6 340/5 386/5 476/5 520/5 568/5 610/5 694/5

גוף קשיח

1/1 1/2 32/1 32/2 66/1 66/2 99/1 99/2 133/11 134/12
170/19 170/20 211/23 212/24 254/23 254/24 304/23 304/24
349/23 349/24 393/15 394/16 438/15 439/16 484/15 485/16
528/15 529/16 576/15 576/16 617/15 617/16 660/15 660/16
704/15 705/16

חשמל

מעגלי זרם ישר - 7/19 40/20 73/21 105/20 106/21 107/25 132/7
132/8 140/33 168/15 168/16 207/13 208/15 208/16 248/7
250/16 300/16 341/7 342/8 387/7 431/7 478/7 479/8 522/8
570/7 611/7 653/6 694/6 696/8

קיבול - 71/18 73/20 132/6 168/14 207/14 299/15 388/8 432/8
522/7 611/8 654/7 695/7

שדה ופוטנציאל חשמלי – 41/22 75/25 169/18 248/13 249/14 249/15
299/14 341/6 343/9 344/12 387/6 430/6 477/6 521/6 569/6 610/6

שדה מגנטי –7/20 8/22 75/26 108/26 133/9 209/18 250/17 297/7
301/17 389/9 433/9 480/9 523/9 570/8 571/9 612/9 655/8
697/9 699/10

כ.א.מ. מושרה – 41/21 44/28 74/22 106/22 133/10 167/13 169/17
208/17 251/18 301/18 343/10 389/10 434/10 481/10 524/10
572/10 613/10 655/9 656/10

זרם חילופין

4/9 4/10 36/9 36/10 69/9 70/9 101/9 101/10 136/19 136/20
172/27 173/28 212/25 212/26 255/25 255/26 305/25 305/26
350/25 351/26 394/17 395/18 440/17 440/18 485/17 486/18
530/17 530/18 577/17 578/18 618/17 618/18 661/17 661/18
706/17 707/18

תורת האור והגלים

אופטיקה גיאומטרית – 4/11 8/23 9/24 9/25 36/11 36/12 42/23
46/33 69/11 75/27 75/29 102/11 108/27 108/28 136/21 140/28
167/7 173/29 206/6 206/7 209/19 248/9 252/20 297/10 302/19
344/13 344/14 347/20 391/12 435/11 482/11 525/11 573/11
614/11 657/11 700/11

אופטיקה פיסיקאלית – 5/12 9/26 45/31 69/12 75/31 102/12 108/30
136/22 167/9 174/30 344/15 390/11 435/12 483/12 526/12
574/12 658/12 701/12

גלים – 9/27 43/27 46/34 75/30 108/29 140/34 167/8 206/8
210/20 248/10 252/19 297/9 302/20 346/19 615/12

פיסיקה מודרנית

רדיואקטיביות – 11/31 11/32 45/30 77/34 109/34 167/12 140/32
174/31 207/19 298/12 298/13 303/22 346/17 437/14 484/14
575/14 616/14 659/14 703/14

אפקט פוטואלקטרי – 5/13 11/30 42/25 70/14 77/33 102/13 109/33
137/23 139/27 167/11 175/32 211/21 248/11 253/21 346/18
392/13 483/13 658/13

מודל האטום של בוהר – 37/13 43/26 70/13 140/29 207/10 207/11
211/22 248/12 303/21 347/21 436/13 527/14 575/13 615/13
702/13

ניסוי פרנק הרץ – 348/22
גל דה-ברולי – 5/11 44/29 103/14 138/24 140/31 254/22
פוטונים – 10/28 10/29 77/32 109/31 109/32 298/11

נוזלים וגזים

חוק ארכימדס וחוק הציפה – 3/6 34/5 34/6 67/5 100/5 135/16 171/24 213/27 351/27 441/19 531/19 579/19 619/9 619/20 662/19 663/20 708/19

משוואת הגזים – 2/5 68/6 256/27 306/27 352/28 396/20 395/19 486/19 532/20 709/20

חוק ברנולי – 100/6 135/15 171/23 213/28 256/28 306/28 441/20 487/20 580/20

תורת היחסות הפרטית

3/7 3/8 35/7 35/8 68/7 68/8 101/7 101/8 135/17 136/18 172/25 172/26 398/23 398/24 443/23 443/24 489/23 489/24 534/23 535/24 581/23 582/24 621/23 621/24 664/23 665/24 711/23 712/24

תרמודינמיקה

2/3 2/4 33/3 33/4 67/3 67/4 99/3 99/4 134/13 134/14 170/21 171/22 307/29 307/30 352/29 353/30 397/21 397/22 488/21 488/22 533/21 533/22 580/21 580/22 620/21 620/22 663/21 664/22 710/21 710/22

אבחון רפואי

38/15 38/16 71/15 71/16 103/15 103/16 138/25 139/26 175/33 176/34 398/25 399/26 444/25 445/26 490/25 491/26 536/25 536/26

אסטרופיסיקה

399/27 400/28 445/27 492/27 492/28 537/27 537/28 582/25 583/26 622/25 622/26 665/25 666/26 713/25 714/26

כאוס

584/27 585/28 623/27 624/28 667/27 668/28 715/27 716/28

מעבדת חקר (Unseen)